HYGIENISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER LUFT, BODEN UND WASSER, ...

Jozsef von Fodor

Digitized by Google

PROPERTY OF THE
University of Michigan Libraries
1817
ARTES SCIENTIA VERITAS

Digitized by Google

Digitized by Google

614.7
F63

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

HYGIENISCHE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

LUFT, BODEN UND WASSER,

INSBESONDERE

AUF IHRE BEZIEHUNGEN

ZU DEN

EPIDEMISCHEN KRANKHEITEN.

IM AUFTRAGE

DER

UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

AUSGEFÜHRT UND VERFASST

VON

DR. JOSEF FODOR,
Professor der Hygiene an der Universität Budapest.

AUS DEM UNGARISCHEN ÜBERSETZT.

MIT TAFELN UND ABBILDUNGEN.

ERSTE ABTHEILUNG: **DIE LUFT.**

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1881.

Digitized by Google

18911

DIE LUFT

UND

IHRE BEZIEHUNGEN

ZU DEN

EPIDEMISCHEN KRANKHEITEN.

HYGIENISCHE UNTERSUCHUNGEN

VON

DR. JOSEF FODOR,
Professor der Hygiene an der Universität Budapest.

GENERAL LIBRARY
UNIVERSITY OF
MICHIGAN

AUS DEM UNGARISCHEN ÜBERSETZT.

MIT DREI TAFELN.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1881.

Digitized by Google

614.7
F65

Alle Rechte vorbehalten.

Digitized by Google

VORWORT.

Ich stellte mir die Aufgabe, jene Naturkräfte zu beobachten und zu erforschen, welchen beim Entstehen und bei der Verbreitung gewisser epidemischer Krankheiten eine Rolle zuzukommen scheint.

Es ist das ein breit angelegter Arbeitsplan; bei seinem Entwurfe leiteten mich die Ideen, welche für die wissenschaftliche Forschung zuerst durch Pettenkofer ergriffen wurden.

Nach seinen Untersuchungen ist es heute schon bekannt, dass die Seuchen — besonders Cholera, Typhus, Wechselfieber, Gelbfieber, Pest und einige Andere — bei ihrer Verbreitung constant und unverkennbar zwei Erscheinungen darbieten, die nämlich: dass sie von örtlichen und von zeitlichen Momenten abhängig sind. Diese sind die Grundeigenschaften jener Krankheiten, und in ihnen offenbart sich auch theilweise die verborgene Naturkraft, welche sie regulirt.

Es ist höchst wichtig, diese zu Tage tretenden Erscheinungen festzuhalten, und an ihrer Hand die Naturkräfte selbst, die an der Steuerung der epidemischen Krankheiten betheiligt sind, zu erforschen. Auf diesem

Digitized by Google

Wege ist es zu erhoffen, dass die bisher in so tiefes Dunkel gehüllte Natur jener Krankheiten vielleicht doch endlich zu ergründen sein wird.

Von diesem Gesichtspunkte aus unterzog ich die wichtigsten, auf die zeitliche und locale Verbreitung der epidemischen Krankheiten allem Anscheine nach Einfluss habenden Naturkräfte einer systematischen und gründlichen Untersuchung und wünsche im Vorliegenden über diese Arbeit und die bisher erlangten Resultate zu berichten.

Den Ort meiner Untersuchungen bildete Budapest links der Donau (die Pester Seite). Hier trachtete ich vor Allem, in das örtliche und zeitliche Verhalten der epidemischen Krankheiten einen klaren Einblick zu erlangen.

Zu diesem Zwecke notirte ich fortlaufend aus den hauptstädtischen officiellen Ausweisen alle durch eine epidemische Krankheit verursachten Todesfälle. Desgleichen notirte ich auf Grundlage der Protokolle des allgemeinen Krankenhauses zu St. Rochus, des Kinderspitales und beider Militärspitäler alle Erkrankungen von derselben Natur. Diese Daten dienten als Leitfaden über das zeitliche Verhalten jener Krankheiten.

Um auch das örtliche Verhalten derselben Krankheiten am Territorium der Hauptstadt zu erkennen, legte ich ein Stammprotokoll an, in welchem ich auf Grund der Protokolle von den hauptstädtischen Todtenbeschauern zu jedem einzelnen Pester Hause notirte, wie viel Todesfälle an epidemischen Krankheiten darin von 1863 bis 1877[1]) vorgekommen sind.

---

[1]) Die neue Häusernumerirung in der Hauptstadt hat meine diesbezüglichen Untersuchungen seitdem unterbrochen; ich bedauere es hauptsäch-

Digitized by Google

Auf Grundlage dieses Stammprotokolls verzeichnete ich auf Stadtplänen in jedem Hause die Zahl der entsprechenden Todesfälle; es kann da die Vertheilung der epidemischen Krankheiten auf die einzelnen Strassen und Häuser auf den ersten Blick abgelesen werden [1]).

Nachdem ich durch das Gesagte das zeitliche und örtliche Verhalten der epidemischen Krankheiten erkannt hatte, schritt ich an die Untersuchung der Luft, des Bodens und des Wassers, sodann der einzelnen Häuser in der Hauptstadt, überall die wahrnehmbaren Veränderungen und Unterschiede (so weit es in meinen Kräften lag) suchend und beobachtend.

Ich bestimmte und notirte von Tag zu Tag, von Jahr zu Jahr, die chemische Constitution der Luft und ihre Schwankungen, — die im Inneren des Bodens vor sich gehenden Bewegungen und deren Auf- und Abwogen, — die unaufhaltsamen Veränderungen des Trink- und Grundwassers, um zu erkennen, welchen zeitlichen Modificationen Luft, Boden und Wasser, diese hauptsächlichsten Naturkräfte, welche auf das menschliche Leben fortwährend einwirken, unterworfen sind, — um zu erkennen, ob in diesen eine gesetzmässige Uebereinstimmung, ein natürlicher Zusammenhang mit dem zeitlichen Verhalten der epidemischen Krankheiten obwaltet oder nicht. Ich forschte aber auch danach, ob sich der

---

lich um meiner über Wechselfieber und Darmcatarrh begonnenen Untersuchungen willen.

[1]) Solche Pläne habe ich auf dem IX. internationalen statistischen Congress zu Budapest im Jahr 1876 ausgestellt. Ich halte diese Cumulativ-Zeichnungen der epidemischen Krankheiten für sehr vortheilhaft zu epidemiologischen Untersuchungen.

Digitized by Google

Boden, das Wasser, die Reinlichkeit von Häusern oder Stadttheilen, in oder auf welchen die epidemischen Krankheiten verheerend auftraten, von solchen unterscheidet, wo Epidemien milde und selten waren: um nachweisen zu können, ob es locale Verhältnisse giebt, welche mit dem örtlichen Verhalten jener Krankheiten übereinstimmen, Hand in Hand gehen, und welcher Natur diese sind.

Wie aus den gebotenen Umrissen zu ersehen ist, bestehen also diese wissenschaftlichen Forschungen einerseits aus Versuchen und Beobachtungen, deren Zweck es ist, die vom epidemiologischen Standpunkte wichtigsten Naturkräfte wissenschaftlich zu beleuchten und zu erkennen, — andrerseits aus der praktischen Verwerthung der hier erlangten Resultate im Wege einer ununterbrochenen Kette von Beobachtungen, welche den Verlauf der Seuchen mit den vorkommenden Veränderungen in jenen Medien von Jahr zu Jahr confrontiren, sowie vermittelst ausgebreiteter örtlicher Untersuchungen, eines Netzes von Haus zu Haus geführter Nachforschungen, welche dem Gesundheitszustand dieser Orte und Häuser die Qualität, die hygienischen Eigenschaften von Boden und Wasser derselben Häuser und Orte gegenüberstellen.

Jedem Fachmanne ist wohl bekannt, wie nothwendig solche ausgebreitete, systematische und fortlaufende Untersuchungen sind; es ist auch Jedermann einleuchtend, der bedenkt, wie mangelhaft noch jetzt unsere Kenntnisse selbst über jene wichtigsten Factoren sind, durch welche die Epidemien am unmittelbarsten beeinflusst zu sein scheinen. Solche Forschungen sind berufen der Hygiene, insbesondere aber der Seuchen-

Digitized by Google

lehre die so sehr nothwendig gewordene naturwissenschaftliche Grundlage zu erwerben.

In der That spornen auch Fachmänner wie Pettenkofer, Simon, Reinhard, Günther, Port und Andere die Aerzte zu solchen Untersuchungen an; zur Unterstützung dieser Thätigkeit appelliren sie an den Staat, an die ganze Gesellschaft.

Der sicherste Weg, welcher zu einer erfolgreichen Thätigkeit in dieser Richtung führen kann, ist die Errichtung eigener hygienischer Observatorien zur Ausführung solcher wissenschaftlicher Untersuchungen und Beobachtungen.

Wer diese Idee popularisirt, hat ihr die Zukunft erobert. Die erleuchtete Gesellschaft, die mit solcher Freigebigkeit für Institute sorgt, in denen der Lauf der Gestirne beobachtet wird, sollte doch endlich zur Einsicht gebracht werden, um wie Vieles es ihrem eigenen Leben und indirecten Wohlergehen näher steht, auch solche Institute an ihrer Unterstützung zu betheiligen, welche den Schritt und die Natur ihres gefährlichsten Mörders, der Epidemien, beobachten und erforschen[1]).

Mehrere Anzeichen weisen darauf hin, dass sich diese Einsicht bereits an mehreren Orten regt. Pettenkofer, dem Begründer der hygienischen Forschung, wurde in München ein grossartiges Gebäude mit reicher Einrichtung zur Verfügung gestellt, um hygienische und darunter auch epidemiologische Forschungen anstellen zu können. Auch Sachsen hat bereits vor Jahren in Dresden unter der Leitung von Fleck ein Institut errichtet zur Ausführung hygienischer Untersuchungen, und neue-

[1]) Vergl. Pettenkofer: Ueber den gegenwärtigen Stand der Cholerafrage. München 1873, S. 90 bis 91.

Digitized by Google

stens ermöglichte es die Opferwilligkeit der Stadt Paris, dass in der meteorologischen Beobachtungsstelle in Montsouris unter der Leitung von Chemikern und Mikroskopikern auch hygienische Forschungen und Beobachtungen über die Qualität und die Veränderungen der Luft angestellt werden können.

Welche Fülle der wichtigsten Forschungsobjecte böte sich einem Institute, welches die ausschliessliche Bestimmung und die entsprechende Einrichtung für hygienische Beobachtungen hätte. Vor einigen Jahren entwarf ich einen Plan für den Arbeitskreis eines solchen Institutes[1]). Der Vorschlag errang zwar die Beachtung der Fachmänner[2]), konnte aber bisher nicht zur Ausführung gelangen; das dort gesäete Korn mag wohl auf fruchtbaren Boden gefallen sein, konnte aber nicht keimen; der Zeitlauf war dazu nicht günstig.

Auch meine vorliegenden Veröffentlichungen können einen Begriff über das ausgebreitete und vielseitige Arbeitsgebiet, welches sich einem solchen Institute eröffnet, schaffen; besonders wenn es mit seinen Arbeitern alle Kräfte ausschliesslich solchen Forschungen widmen könnte, und nicht, wie auch ich und mein Institut, ausserdem die Aufgabe hätte, jährlich nahezu anderthalb Hundert Medicinern über das Gesammtmaterial der Hygiene theoretischen und praktischen Unterricht zu ertheilen und eine Gruppe strebsamer junger Leute in die verschiedenen Zweige jener Wissenschaft zu selbstständiger Forschung einzuführen.

---

[1]) Vgl. Orvosi Hetilap. 1874; und Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege 1874, 3. Heft, S. 377.

[2]) Vgl. Uffelmann: „Darstellung des auf dem Gebiete der öffentlichen Gesundheitspflege in ausserdeutschen Ländern bis jetzt Geleisteten." Berlin. Reimer 1878, S. 188.

Digitized by Google

Ich wiege mich nicht in der allzu sanguinischen Hoffnung, dass solche Institute mit ihren Daten im Stande sein können, die Aetiologie der Seuchen rasch und leicht aufzuklären. So viel erwarte ich aber mit Gewissheit von ihnen, dass sie gut und massenhaft beobachtete Naturerscheinungen für die epidemiologische Forschung liefern würden, welche mit diesen ausgerüstet eher befähigt wäre, an die Aufklärung der verhüllten Krankheitsursachen zu schreiten, als mit der gegenwärtig noch vorwiegenden conjecturellen Klügelei.

Ich wünsche, diese meine Arbeit möge je mehr Fachgenossen zur Aufstellung ähnlicher Untersuchungsprogramme ermuntern; sie möge ihre Arbeit, durch die Beschreibung der von mir angewandten Untersuchungsmethoden, möglichst erleichtern, ja auf die Gleichgestaltung dieser Untersuchungen einfliessen, damit ihre Ergebnisse seiner Zeit zur Vergleichung sich eignen mögen.

Ich wünsche endlich, durch meine Veröffentlichung es befördert zu haben, dass auch anderswo, und zwar an möglichst vielen Orten, specielle Anstalten, hygienische Observatorien errichtet werden, zur Ausführung systematischer Beobachtungen und Untersuchungen über die Naturgesetze der epidemischen Krankheiten.

Die meinem Werke zu Grunde liegenden Untersuchungen begann ich schon im Jahre 1874, als ich einerseits an das Sammeln der Mortalitätsdaten, andererseits an die Auswahl und Erprobung der zu benützenden Untersuchungsmethoden schritt. Im Herbst 1876

Digitized by Google

wurden die systematischen Beobachtungen begonnen, und nahmen bis heute ihren ununterbrochenen Fortgang; sie werden auch in der Zukunft fortgesetzt werden, so weit ich es als im Interesse der Wissenschaft gelegen erachte, und so lange die verfügbaren Kräfte dazu ausreichen.

Das zur Publication gelangende Werk wird, aus drei Theilen bestehend, die Darlegung meiner Untersuchungen über die Luft, den Boden und das Wasser enthalten. Mit dem 31. December 1879 fand alles seinen vorläufigen Abschluss. Die seitdem fortlaufenden Beobachtungen sind einer späteren Mittheilung vorbehalten.

Die den Forschungen zu Grunde liegenden Ausschreibungen, die nach Tausenden zählenden chemischen und mikroskopischen Untersuchungen wurden theils von mir selbst, grossentheils aber von meinen Institutsassistenten ausgeführt. Und zwar waren mir bei den Beobachtungen bis Herbst 1877 die Herren Dr. Julius Tóthfalusy und Franz Tabak, — seitdem aber die Herren Dr. Aladár Rózsahegyi, Alexander Martin, sowie auch Herr Dr. Edmund Téry behülflich.

Empfangen sie Alle für ihre aufopfernde Ausdauer und sorgfältige Arbeitsamkeit meinen aufrichtigsten Dank.

Digitized by Google

INHALTSVERZEICHNISS.

Seite

Vorwort V

Erster Theil.

Die Luft.

Erstes Capitel.

Die Kohlensäure der Atmosphäre.

Geschichtliches und Literatur 5
Ort, Anordnung und Methoden meiner Kohlensäurebestimmungen . . . 10
Kritik der Methoden zur Kohlensäurebestimmung 15
Bestimmung der Kohlensäure mittelst Aspiration der Luft durch Kalk- oder Barytwasser . . . . . —
Bestimmung der Kohlensäure in Flaschen nach der Pettenkofer'schen Methode 18
Kohlensäurebestimmungen nach der Brunner'schen Methode 19
Menge der atmosphärischen Kohlensäure 22
Schwankungen der Kohlensäuremengen 24
a) Schwankungen nach Monaten und Jahreszeiten . . . . . —
b) Tägliche Schwankungen der Kohlensäure 25
c) Kohlensäuremenge am Tage und in der Nacht 27
d) Kohlensäureschwankungen unter verschiedenen Verhältnissen; nämlich: Berg und Thal, Meeresspiegel und Continent, Städte und Dörfer 29
Ursachen der Schwankungen der Kohlensäure in der Atmosphäre . . . 32
a) Einfluss des Regens auf die atmosphärische Kohlensäure . . . . —
b) Einfluss des Schneefalles 34
c) Einfluss des Nebels . . . . . —
d) Einfluss von Frost und Thauwetter auf die Kohlensäure 35
e) Einfluss der Luftdruckschwankungen 36

Digitized by Google

Seite

f) Wirkung der Winde 36
g) Rolle des Bodens bei der Schwankung der atmosphärischen Kohlensäure 39
Die durch Grundluft verunreinigte Atmosphäre und die Infectionskrankheiten 57

Anhang.

Einströmen der Grundluft in die Wohnungen.

Zweites Capitel.

Das atmosphärische Ammoniak.

Geschichtliches und Literatur 67
Methode zur Ammoniakbestimmung 72
Menge des atmosphärischen Ammoniaks zu Budapest 75
Quelle des atmosphärischen Ammoniaks und Ursachen seiner Schwankungen 77
Hygienische Bedeutung des atmosphärischen Ammoniaks 82

Drittes Capitel.

Das atmosphärische Ozon.

Viertes Capitel.

Der atmosphärische Staub.

Literatur 87
Menge des atmosphärischen Staubes 92
Die organisirten Körperchen des atmosphärischen Staubes 95
Untersuchungsmethoden . . . . . —
In der Atmosphäre vorkommende Organismen, welche sich in Hausenblaselösungen vermehrt hatten 101
a) Bacterien 102
α) Sphärobacterien 104
β) Mikrobacterien 108
γ) Desmobacterien 111
δ) Spirobacterien 112
b) Schimmelpilze . . . . . —
c) Niedere Pflanzenorganismen (Sarcine) 113
d) Thierische Organismen 115
Vorkommen der verschiedenen Organismen . . . . . —
Wirkung der aus der Atmosphäre aufgefangenen und gezüchteten Organismen auf Thiere 119
Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse dieses Werkes 133
Erklärung der Tafeln 139

Digitized by Google

Beiliegende Abbildungen.

Taf. I, Fig. 1. Menge und Schwankungen der atmosphärischen Kohlensäure zu Budapest in den Jahren 1877, 1878, 1879.
„ „ Fig. 2. Die atmosphärische Kohlensäure nahe am Bodenniveau.
„ „ Fig. 3. Kohlensäure der Bodenluft, 1 m tief im Boden.
„ „ Fig. 4. Die atmosphärische Kohlensäure nahe am Bodenniveau auf einer anderen Beobachtungsstation.
„ „ Fig. 5. Der Kohlensäuregehalt der Luft in einem Souterrainzimmer.
„ „ Fig. 6. Menge und Schwankungen des atmosphärischen Ammoniaks.
„ „ Fig. 7. Menge und Schwankungen des atmosphärischen Staubes.
Taf. II, Fig. 1. Tägliche Regenmenge.
„ „ Fig. 2. Perzentueller Feuchtigkeitsgehalt der Luft.
„ „ Fig. 3. Lufttemperatur.
„ „ Fig. 4. Schwankungen des Luftdrucks.
„ „ Fig. 5. Richtung und Stärke der Winde.
„ „ Fig. 6. Atmosphärisches Ozon.
„ „ Fig. 7. Formen und Arten der atmosphärischen Organismen.
Taf. III. Graphische Darstellung der Erkrankungs- und Todesfälle.

Digitized by Google

ERSTER THEIL.

Die Luft.

Der Glaube, dass die Krankheitskeime in der Luft enthalten seien, reicht bis an die Wiege der medicinischen Kenntnisse zurück. Doch haben die Begriffe, welche sich die Menschen, und namentlich auch Aerzte über die Rolle der Atmosphäre in der Verbreitung der Krankheiten schufen, im Laufe der Zeit vielfache Veränderungen erfahren.

Demokrit glaubte, dass der Staub von im Kosmos zerstörten Himmelskörpern in die Atmosphäre niederfalle und Epidemieen erzeuge [1]). Varro vermuthete in der Luft kleine Insecten, die durch den Menschen eingeathmet werden und in ihm Wechselfieber erzeugen können [2]). Linné, der grosse Naturforscher, dachte sich nicht nur den ganzen Luftkreis, sondern auch das Weltall mit lebenden Thierchen und deren Eiern bevölkert, und reihte unter jene Thierchen die Radiaten, den Proteus, die Infusorien, die Fäulnisserzeuger, die Erreger von contagiösen und fieberhaften Krankheiten, den Krankheitsstoff der Syphilis etc., die er insgesammt mit dem Namen „Chaos aethereum" belegte. Selbst noch in der 1788 erschienenen XIII. Auflage seines „Systema naturae" ist als Ursache der im Norden wüthenden Variola haemorrhagica ein „Furia infernalis" benanntes Thier angeführt [3]). Zu Ende des vorigen

[1]) Vgl. Haeser. Lehrb. d. Gesch. d. Medicin u. d. epid. Krankheiten. Jena. Bd. I.

[2]) De re rustica.

[3]) Vgl. Ehrenberg (Christian, Gottfried). „Uebersicht der seit 1847 fortgesetzten Untersuchungen über das von der Atmosphäre unsichtbar getragene reiche organische Leben." Berlin, 1871, S. 2. u. 3.

Digitized by Google

Jahrhunderts hat sogar ein Anonymus die Insecten, welche die verschiedenen Krankheiten erzeugen, abgebildet und mit den Namen: la migrainiste, vérolique, petite vérolique, erysipeliste etc. versehen [1]). Auch in neuester Zeit nahmen Naturforscher keinen Anstand, die nächstbeste aus der Luft gefischte und unter das Mikroskop gezwungene Schimmelspore oder einzellige Alge als die geheimnissvollen Krankheitserreger zu beschreiben, wie z. B. Balestra, Salisbury u. A. m.

Auch die Verpestung der Luft durch schädliche Gase ist von den Aerzten von jeher geglaubt und behauptet worden. Schon Empedokles kämpfte gegen diese giftigen Gase an, als er zur Abwehr der Pest in den Strassen Feuer anzünden liess. Auch Hippocrates suchte die Krankheitsursachen in der Luft, in ihren schädlichen Dämpfen, und wie nahe Sydenham der heutigen Auffassung gestanden ist, mögen die folgenden, auf die Verpestung der Atmosphäre bezüglichen Worte beweisen:

„Variae sunt nempe annorum constitutiones, quae neque calori, neque frigori, non sicco humidove ortum suum debent, sed ab occulta potius et inexplicabili quadam alteratione in ipsis terrae visceribus pendent, unde aër ejusmodi effluviis contaminatur....“ [2])

Vielleicht bediene ich mich nicht des richtigen Ausdrucks, wenn ich sage, dass Sydenham unserer heutigen Auffassung nahe steht. Ich müsste die Sache richtiger so darstellen, dass wir heute noch so ziemlich dort stehen, wohin schon Sydenham gelangt war, — dort nämlich, dass auch wir glauben: der Infectionsstoff vieler Krankheiten sei in der Luft enthalten, dass jener Infectionsstoff sich auch aus dem Boden in die Atmosphäre erheben könne, ohne aber diesen Glauben oder diese Vermuthung durch wissenschaftliche Beobachtungen oder Daten unterstützen zu können.

Und wie oft hat doch das Forscherherz in Hoffnung oder Siegesrausch aufgepocht, so wie mit den Fortschritten der Chemie die einzelnen Betandtheile der Luft, der Sauerstoff, das Ozon bekannt wurden und analysirt werden konnten. Von solchen Ideen begeistert wünschte Regnault die Atmosphäre des ganzen Erdballs zu analysiren. Mit Hülfe der französischen Gesandtschaften überschwemmte er alle Welttheile mit Glasröhrchen, die mit Luft zu füllen und behufs der Analyse an ihn zurück zu senden gewesen

---

[1]) Vgl. Anglada: „Étude sur les maladies éteintes etc.“ Paris, 1859, p. 593.
[2]) Opera omnia, Genevae 1723.

Digitized by Google

wären [1]). Die meisten Röhren blieben in Folge der französischen Revolution uneingesendet; die eingelangten Luftproben schienen aber zu beweisen, dass die chemische Beschaffenheit der Luft überall doch nur die gleiche ist. Viele Naturforscher nehmen auch heute noch diesen Standpunkt ein.

Einige Forscher und Aerzte haben auch andere Eigenschaften der Atmosphäre untersucht und ihre Resultate mit den hygienischen Verhältnissen confrontirt. So wurden Ozongehalt, Elektricität, Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen, die Bewegung etc. der Atmosphäre u. s. w. beobachtet. Diese Forschungen brachten der Wissenschaft vielen Nutzen; trotzdem kann nicht geleugnet werden, dass sie hinsichtlich der gesundheitlichen Bedeutung der meisten dieser Naturkräfte noch bis heute zu keinem positiven Resultate gelangen konnten. Ist ja doch die Uebereinstimmung nicht einmal bis zur Vergleichbarkeit der Beobachtungsmethoden und der Ergebnisse gediehen.

Es kann demnach füglich gesagt werden, dass wir in den Kenntnissen über die Luft noch sehr weit zurück sind. Besonders ist es zu bedauern, dass eben jene Daten, die vom hygienischen, epidemiologischen Standpunkte sehr nothwendig wären, am lückenhaftesten, mit einander im Widerspruche und fragmentarisch sind.

In dieser Richtung ist ein Fortschritt nur dann möglich, wenn — wie ich es im Vorhergehenden erörterte — den Zwecken der hygienischen Forschung dienende Beobachtungsstationen errichtet werden. Solche Observatorien können ihre Beobachtungen nach einem einheitlichen Plane ausführen, bezüglich aller Fragen, die vom Standpunkte der Hygiene von Wichtigkeit, von Interesse sind; sie könnten zur Erforschung der Krankheitsursachen richtige und vergleichbare Daten liefern.

Unter den die Luft betreffenden wissenschaftlichen Beobachtungen sind diejenigen von der grössten Bedeutung für die Hygiene, welche sich auf die Kohlensäure, das Ammoniak, das Ozon, den Staub, und die organisirten Körperchen beziehen; sehr wichtig ist es, die Untersuchungen auch auf Temperatur, Feuchtigkeit, Gewicht, Bewegung der Atmosphäre und die Regenmenge zu erstrecken. Die ersten haben einen chemisch- mikroskopischen, sowie pathologischen Charakter, die letzteren sind physikalische Untersuchungen. Diese werden in den zu physikalischen Beobachtungen eingerichteten

[1]) Vgl. Moitessier „L'air", Paris, 1875.

Digitized by Google

meteorologischen Stationen gewöhnlich eingehend betrieben; die ersteren würden vorzugsweise die Aufgabe für die Forschungen der hygienischen Observatorien bilden.

In meinem Institute haben sich die Untersuchungen auf die erste Arbeitsgruppe, ohne das Ozon, erstreckt, während die meteorologische Landesanstalt die physikalischen und Ozonbeobachtungen ausführt. Diesbezügliche Daten in meinen späteren Erörterungen sind also den Mittheilungen des meteorologischen Institutes entnommen.

Digitized by Google

Erstes Capitel.

Die Kohlensäure der Atmosphäre.

Geschichtliches und Literatur.

Die Kohlensäure ist ein seit Langem bekannter, und der am meisten untersuchte Bestandtheil der Luft. Van Helmont wusste schon am Anfang des 17. Jahrhunderts, dass sie darin enthalten ist. Am Ende des vorigen Jahrhunderts befasste sich Horace Saussure mit ihr, während sich seit dem Beginne unseres Säculums zahlreiche Chemiker und Naturforscher um die Erforschung des Vorkommens und der Menge der Kohlensäure in der Luft bemüheten.

Die ersten quantitativen Bestimmungen wurden von Fourcroy, Humboldt und Gilbert[1]) ausgeführt. Dann war Dalton bemüht, die Menge der atmosphärischen Kohlensäure auf folgende Art zu erfahren. Er untersuchte, durch wie viel Kohlensäure 8 ccm Kalkwasser gesättigt werden, und fand, dass dazu 4,5 ccm CO_2 nöthig sind. Fortsetzungsweise prüfte er das Luftquantum, welches dieselbe Kalkwassermenge neutralisirt, und fand er gleich 6600 ccm. Auf Grundlage dieser Befunde berechnete er die atmosphärische Kohlensäure auf 0,680 Vol. pro Mille[2]) (Saussure).

Zu demselben Zwecke schüttelte Thenard später die Luft in einer grossen starken Flasche mit Barytwasser, pumpte dann die

---

[1]) Vgl. Théodore de Saussure, Annales de Chimie et de Phys. 1830. T. 44, p. 1—55.

[2]) Im Laufe dieser Arbeit werde ich die Kohlensäure der Luft stets in Volum pro Mille ausdrücken, wobei die Volumina selbstverständlich auf 0^0 und 760 mm Luftdruck wie auch auf absolute Trockenheit reducirt sind.

Digitized by Google

verbrauchte Luft aus und füllte die Flasche neuerdings mit frischer Luft. Diese Operation wurde 20 bis 30 mal wiederholt und schliesslich der kohlensaure Baryt abgewogen. Nach dieser Methode berechnete er die atmosphärische Kohlensäure zu 0,391 Vol. pro Mille. (Saussure.)

Ausführlicher und lehrreicher als diese, und überhaupt als alle bis dann ausgeführten Untersuchungen über die atmosphärische Kohlensäure sind die von Saussure dem Jüngeren (Théodor)[1]), der sich beinahe 12 Jahre hindurch mit der Frage befasste. Er führte fortwährend neue und neue Analysen aus, um dann die Resultate zu verwerfen, weil er sich von der Unzuverlässlichkeit und Trughaftigkeit der Methode überzeugt hatte. Schliesslich nahm auch er die Thenard'sche Methode mit einigen Modificationen an und vollendete nach dieser in den Jahren 1827 bis 1829 insgesammt 104 Analysen.

Saussure nahm eine 35 bis 45 Liter haltige Flasche, wusch und trocknete sie aus und pumpte sie luftleer. Je nach Zeit und Ort, als die Analyse vorgenommen werden sollte, öffnete er den Hahn und liess die Luft eindringen, goss 100 g einer 1proc. Barytlösung nach, schüttelte um und liess stehen. Darauf wurde der kohlensaure Baryt abfiltrirt, ausgewaschen, und in Salzsäure gelöst; auch der an der Wand der Flasche verbliebene kohlensaure Baryt wurde in Salzsäure gelöst, und dann beide Lösungen mit schwefelsaurem Natron ausgefällt. Der Niederschlag wurde gewogen. Die beschwerliche Ausführung der Methode war die Ursache, dass Saussure nur so wenige Analysen ausführen konnte, und so viele als ungelungen verwerfen musste. Die Methode selbst ist zweifelsohne nicht empfindlich genug, um damit die atmosphärische Kohlensäure genau zu messen, und nur in Saussure's gewandter und sorgfältiger Hand konnte sie zu verlässlichen Resultaten führen.

Auf Grund der 104 gelungenen Analysen bestimmte Saussure die atmosphärische Kohlensäure durchschnittlich zu 0,415 Vol. pro Mille.

Da Saussure seine Untersuchungen zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten angestellt hat, konnte er auch die Umstände näher beleuchten, welche die Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der Luft beeinflussen. Seine diesbezüglichen Beobachtungen werde ich später würdigen.

---

[1]) A. a. O.

Digitized by Google

Der Vorschlag Brunner's: die Luft mittelst Aspiratoren durch Kohlensäure absorbirende Substanzen zu leiten, hat die Analyse der atmosphärischen Kohlensäure sehr vereinfacht.

Diese Methode wurde alsobald von Verver in Göttingen angewandt [1]), der die Kohlensäure der Luft (aus 96 Bestimmungen) zu 0,4188 Vol. pro Mille fand.

Dieselbe Methode benutzte auch Boussingault [2]), der die Luft in Paris vom Januar 1840 bis Juli 1841 untersuchte. Die Kohlensäure betrug bei ihm durchschnittlich 0,400 Vol. pro Mille.

Auffallend sind die Resultate von Léwy, der um dieselbe Zeit an mehreren Orten, über dem Meere und dem Festlande, Luftuntersuchungen anstellte [3]). So fand er z. B. in Bogota, wo die meisten Daten herstammen, die atmosphärische Kohlensäure gleich 0,3 bis 0,4; doch stieg sie zuweilen bis 4,9 Vol. pro Mille. Als Ursache dieser ausserordentlichen Kohlensäuremenge giebt Léwy den Ausbruch von Vulcanen und Prärieenbrände an. Die Untersuchungsmethode Léwy's lässt jedoch seine Angaben als sehr unzuverlässig erscheinen. Er liess, wie vor ihm schon Andere, die Kohlensäure im Eudiometer absorbiren, was ein zu rohes Verfahren ist, um die atmosphärische Kohlensäure zu messen, und leicht zu namhaften Irrthümern führt.

Aus ähnlichen Ursachen halte ich auch die Analysen von Frankland [4]), der den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre auf hohen Bergspitzen untersuchte, für unzuverlässlich und erwähne ihrer deshalb nur in Kürze. Er fand auf der Grand-Mulets-Spitze (11 000′) 1,100 pro Mille, am Montblanc (15000′) 0,610 pro Mille Kohlensäure; zu Chamounix war sie zur selben Zeit 0,630 pro Mille.

Auch die Gebrüder Schlagintweit haben auf Bergeshöhen Kohlensäurebestimmungen ausgeführt [5]). Sie fanden am Monte Rosa (zwischen 13 374 bis 13 858′) im Durchschnitte 0,790 Vol. pro Mille; doch haben auch sie mit unverlässlichen Methoden gearbeitet. Zur Absorption des Gases wurde Kali angewandt, und die geringe Gewichtszunahme von 3 bis 6 mg nach Monaten zu Hause bestimmt.

---

[1]) Berzelius' Jahresberichte; Bd. XXII.
[2]) Ann. de Chim. et de Phys. 1844. 3me sér. T. X, p. 456.
[3]) Comptes Rendus, 1850, II, p. 725 und C. R. 1851, II, p. 345.
[4]) Quarterly Journal of the Chem. Soc. London 1861, p. 22.
[5]) Ibidem.

Digitized by Google

Zahlreiche Beobachtungen an der Kohlensäure machte Mène[1]), zu welchem Behufe er die Luft durch eine Kalilösung leitete und letztere nach einer älteren Methode[2]) mit Säure titrirte.

Auch Gilm in Innsbruck hat die atmosphärische Kohlensäure bestimmt, und bei 20 Analysen 0,380 bis 0,460 Vol. pro Mille gefunden; er wog den Barytniederschlag ab[3]).

Einen grossen Aufschwung gewann die chemische Untersuchung der Luft, als Pettenkofer seine sehr einfache und pünktliche Untersuchungsmethode publicirte[4]). Sie bestand darin, dass die Kohlensäure der Luft in einer weiten Flasche durch Kalk- oder Barytwasser absorbirt und dieses mit Oxalsäure titrirt wurde. Eine Erweiterung gewann die Methode, als Pettenkofer bei seinem Respirationsapparate die zu prüfende Luft durch ein mit Barytwasser gefülltes Glasrohr aspiriren liess. Seitdem geschahen die meisten Bestimmungen mit einer der Pettenkofer'schen Methoden.

Eine sehr umfangreiche Arbeit über auf diese Weise ausgeführte Untersuchungen hat A. Smith publicirt[5]). Er fand 1864 in Manchester im Durchschnitte aus 14 Bestimmungen 0,369 Vol. pro Mille Kohlensäure. Auch in London hat er mehrere Analysen vollzogen; über der Themse betrug die Kohlensäure 0,343 (Durchschnitt aus 8 Bestimmungen), in den Parks 0,301 (5 Best.), in den Strassen 0,380 (10 Best.) Vol. pro Mille. Er führte die Bestimmungen in Flaschen aus.

De Luna in Madrid fand in- und ausserhalb der Stadt im März und April durchschnittlich (aus 18 Best.) 0,505 Vol. pro Mille CO_2[6]).

Sehr umfangreich sind auch die Beobachtungen von Schultze[7]). Er machte schon 1864 einige Kohlensäurebestimmungen. Vom 18. October 1868 bis November 1869 liess er etwa 25 Liter Luft durch ein Pettenkofer'sches Rohr aspiriren; dann wandte er bis Juli 1871 eine 4 Liter haltige Flasche an. Im Durchschnitte betrug die Kohlensäure 0,29197 pro Mille, und zwar 1869: 0,28668, 1870: 0,29052, 1871 (bis Juli): 0,30126.

---

[1]) Comptes Rendus, 1862, I, und 1863, I, p. 155.

[2]) C. R. 1851, II, p. 222.

[3]) Sitzungsber. der Wien. Akad. d. Wiss. XXIV, 1857, S. 257.

[4]) Sitzber. d. bayr. Akad. Naturw. Section; 1862, 1. Heft, S. 3, und Annalen d. Chem. u. Pharm. Suppl. 2, S. 23.

[5]) Air and Rain. The beginning of a chemical climatology. London 1872.

[6]) Estudios quimicos sobre el aire atmosférico. Madrid, 1860. Smith. l. c. p. 47.

[7]) Landwirthschaftl. Versuchsstation. XIV, 1871, S. 366.

Digitized by Google

Die Angaben der jetzt folgenden zahlreichen Forscher erwähne ich bloss kurz, da sie Alle mit derselben Pettenkofer'schen Methode arbeiteten.

Henneberg fand 0,320 pro Mille, Truchot[1]) zu Clermont-Ferrand im Juli bis August durchschnittlich 0,378 pro Mille CO_2. Derselbe fand ausserdem ferne von der Vegetation: 0,346, in deren Nähe: 0,5015 pro Mille.

In den Jahren 1873 und 1874 führte auch ich[2]) zu Klausenburg Kohlensäurebestimmungen in der Luft aus. Der Durchschnitt von 7 Analysen war 0,380 pro Mille.

Fittbogen und Hasselbarth[3]) beobachteten die atmosphärische Kohlensäure zu Dahne, nahe am Meere, vom September 1874 bis September 1875; im Durchschnitte fanden sie 0,334 pro Mille.

Claesson[4]) giebt den Durchschnitt der Kohlensäure in der Luft zu Lund aus 31 Versuchen mit 0,297 pro Mille, Farsky[5]) zu Tabor aus 295 Analysen mit 0,343 pro Mille an.

Eine ganz neue Methode wählte Lévy im Observatorium am Montsouris[6]). Er aspirirt tägliche 3,5 cbm Luft durch Kalilösungen, treibt aus diesen die gebundene Kohlensäure mit Chlorwasserstoff aus und misst deren Volumen ab. Auf diese Weise bestimmt Lévy die atmosphärische Kohlensäure seit December 1876 täglich, und fand sie durchschnittlich vom September 1877 bis August 1878 zu 0,327 pro Mille, in 1878 bis 1879 zu 0,353 pro Mille. Ich gestehe, dass ich mich über die Verlässlichkeit der Methode nicht beruhigen kann. Einestheils, weil ich es für zweifelhaft halte, dass bei so vehementer Aspiration sämmtliche Kohlensäure gebunden werden könnte, — obschon Lévy die Luft durch drei Flaschen leitet und behauptet, dass die letzte bloss mehr 2 bis 3 ccm Kohlensäure binde. Andererseits sind das Austreiben mit Salzsäure und das Abmessen des Volums der ausgetriebenen Kohlensäure so mangelhafte Methoden, dass man ihnen nicht vollkommenes Vertrauen schenken kann. Ich weiss nicht, ob es nicht in der Methode begründet ist, dass Lévy fortwährend, von Monat zu Monat, beinahe vollständig identische Kohlensäurevolumina erhält.

---

[1]) C. R. 1873, II, p. 675.
[2]) Orvosi Hetilap. 1875.
[3]) Chem. Centralbl. 1875, 694.
[4]) Ber. Chem. Ges. 1876, S. 175.
[5]) Sitzber. d. K. K. Akad. d. Wiss. Math.-Nat. Classe. Bd. 74. Abtheil. II, S. 64.
[6]) Vgl. Annuaire de l'Observatoire d. Montsouris. 1878, 1879 etc.

Digitized by Google

Auf ähnliche Weise, wie Lévy, lässt Reiset[1]) die Luft (und zwar in 12 Stunden etwa 600 Liter) durch eine Barytlösung in drei Kugelapparate streichen. Er fand auf freier Wiese neben Dieppe in 4 Meter Höhe, vom 9. September 1872 bis 20. August 1873 — als Mittel aus 92 Analysen — 0,2942 pro Mille Kohlensäure.

Zu Glasgow lässt das Gesundheitsamt die Kohlensäure in der Luft fortlaufend bestimmen[2]), und zwar gleichzeitig an mehreren Stellen der Stadt. Die Untersuchungsmethode ist mir unbekannt. In dem Zeitraume vom November 1877 bis April 1878 ergab sich als Mittel der 6 Stellen 0,366 pro Mille. Endlich berechne ich — nach den Mittheilungen von Wolffhügel[3]) die atmosphärische Kohlensäure in München (vom December 1874 bis Ende Juli 1875, aus 205 Bestimmungen) auf 0,3757 pro Mille. Wolffhügel aspirirte — denke ich — die Luft durch eine Pettenkofer'sche Röhre.

Ort, Anordnung und Methoden meiner Kohlensäurebestimmungen.

Systematische Kohlensäurebestimmungen stelle ich seit März 1877 an. Um nach den physikalischen Ursachen der Kohlensäureschwankungen forschen zu können, habe ich gewöhnlich die Luft zweier Luftschichten gleichzeitig untersucht, nämlich unmittelbar über der Bodenoberfläche und in der Höhe von mehreren Metern.

Letztere Luft habe ich von März 1877 bis März 1878 im hygienischen Laboratorium der Universität untersucht, wohin ich sie in einer, durch das doppelte Fensterkreuz gezogenen Bleiröhre von der Gasse her leitete. Die äussere Mündung des Leitungsrohres lag 5 m über dem Strassenpflaster. Das Fenster, wo die Röhre angebracht war, wurde zur Ventilation nie geöffnet.

Es entstand in mir die Befürchtung, dass aus den Arbeitslocalitäten oder aus den Schornsteinen der nebenan und gegenüberliegenden Häuser Kohlensäure zur Aspirationsröhre gelangen und meine Daten alteriren könnte. Aus dieser Ursache nahm ich vom März 1878 angefangen die Luft im Hofe des chemischen Laboratoriums, von der oberen Kante der gegen die Landstrasse (Museum-Ringstrasse) liegenden Umfassungsmauer. Dass übrigens meine Befürchtung unbegründet war, bewies das Resultat

[1]) Comptes Rendus, 1879, I. B. (LXXXVIII). S. 1007.
[2]) Ann. de l'Observ. d. Montsouris. 1879, p. 343.
[3]) Ztschr. f. Biologie, XV, I, 98. 1879.

Digitized by Google

der während der folgenden zwei Monate an beiden Orten angestellten Parallelbeobachtungen. Im März war nämlich der Kohlensäuregehalt im Mittel 0,361, resp. 0,351, im April an beiden Orten 0,334 pro Mille.

Im Hofe des Chemischen Laboratoriums liess ich die Luft aus der Höhe von 2,5 Metern durch ein enges Bleirohr aspiriren. In der Nähe der Röhrenmündung fand ich keine Quelle der Luftverunreinigung. Die Schornsteine mündeten in einer Entfernung von 100 und mehr Metern in der Höhe aus; die nächste Strassenlaterne stand auf 10 Meter entfernt und höher als die Röhrenöffnung.

Die Bodenniveauluft aspirirte ich während der ganzen Zeit unmittelbar neben der jetzt erwähnten Stelle ebenfalls durch ein Bleirohr empor. Dieses Rohr mündete $^1/_2$ bis 1 cm über der Bodenoberfläche; um die Oeffnung befand sich etwas Gras und Ziegelschutt. Die Mündung wurde mit einem Dachziegelstücke bedeckt, um sie vor Regen und Schnee zu bewahren.

Auf dieser Luftbeobachtungsstation liess ich einen Holzkasten, 2 m lang, je 1 m hoch und tief, aufstellen, dessen Inneres die Aspirationsgeräthe und anderweitigen Untersuchungsinstrumente barg. Eine Abbildung des Kastens und seiner inneren Einrichtung habe ich im Jahrbuch der Königl. Gesellschaft Budapester Aerzte 1876 (ungarisch) mitgetheilt.

Zur Bestimmung der atmosphärischen Kohlensäure habe ich verschiedene Methoden versucht, mich jedoch gewöhnlich der Pettenkofer'schen Röhre mit Baryt- oder Kalkwasser bedient.

Ich goss in die Röhre 100 ccm des Kalk- oder Barytwassers, die darin eine 60 bis 70 cm lange Schichte bildeten. Mittelst Kautschukröhren wurde sie einerseits mit dem bleiernen Zuleitungsrohre, andererseits mit einem Aspirator verbunden. An letzterem war ein Manometer angebracht, um den Unterschied am Luftdruck abzulesen; nebenan stand ein Thermometer.

Das Wasser tröpfelte an dem Hahne des Aspirators langsam aus, so dass stündlich kaum $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Liter Luft durch das Barytwasser aspirirt wurden.

Letzteres band die Kohlensäure vollkommen; ich überzeugte mich davon dadurch, dass ich nach dem Pettenkofer'schen Rohre noch einen Liebig'schen Kugelapparat mit Barytwasser einschaltete; bei langsamer Durchleitung blieb der Titer des letzteren unverändert. Es wurde im Liebig'schen Apparate selbst dann sehr wenig, zusammen 0,3, höchstens 0,6 ccm Kohlensäure gefunden, wenn in viel schnellerem Strome 50 bis 70 Liter aspirirt

Digitized by Google

worden waren. Ich habe übrigens, seitdem ich die täglich aspirirte Luftmenge erhöhte (1879), nach der Pettenkofer'schen Röhre stets noch einen Liebig'schen Kugelapparat eingeschaltet.

Die bei den einzelnen Bestimmungen während 24, eventuell 12 Stunden aspirirte Luft betrug bis November 1877 wenigstens 3, und höchstens 6 Liter; seitdem habe ich grössere Aspiratoren in Anwendung gebracht, so dass die aspirirte Luft gewöhnlich 17 Liter ausmachte; ausnahmsweise kamen Schwankungen zwischen 12 bis 18 Liter vor. Die Analysen solcher Tage, wo die aspirirte Luft unterhalb der erwähnten Grenze blieb, wurden aus den Berechnungen einfach gestrichen, da ich mich — wie sogleich erörtert wird — überzeugt habe, dass nur solche Resultate mit einander mit Beruhigung verglichen werden können, die bei Aspiration gleicher Luftmengen erhalten wurden. Aus demselben Grunde war ich besonders auch darauf bedacht, dass bei den Parallelbeobachtungen der Kohlensäure am Bodenniveau und in der Höhe möglichst gleiche Luftmengen durch die Barytwasser aspirirt werden sollen.

Zur Absorption der Kohlensäure fand ich das Kalk- und Barytwasser gleich brauchbar. In den ersten zwei Jahren arbeitete ich überhaupt bloss mit Kalkwasser, im Jahre 1879 mit Baryt. 100 ccm des Kalk- oder Barytwassers konnten circa 50 ccm Kohlensäure binden.

Ich bereitete vom Kalk- und Barytwasser auf einmal grössere Mengen, etwa 10 bis 12 Liter. Etwas Chlorcalcium, resp. Chlorbaryum wurde dem Wasser gewöhnlich zugesetzt. So hielt es sich bei sorgfältiger Verkorkung sehr gut; die in den ersten Tagen nach der Bereitung vorgenommene Bestimmung ergab nämlich einen kaum merklich stärkeren Normaltiter, als eine nach Wochen, ja Monaten vorgenommene neue Titrirung.

Aus der Aufbewahrungsflasche zog ich das Kalk- oder Barytwasser mittelst einer gebogenen, bis an den Boden reichenden und an der äusseren Mündung mit Kautschuk und Quetschhahn verschlossenen Heberröhre aus Glas in die Wasserflasche.

Aus letzterer wurden die 100 ccm Wasser in die Pettenkofer'sche Röhre gegossen, nach beendigter Aspiration aber in kleine Medicamentenfläschchen übergefüllt und mit ausschliesslich zu diesem Zwecke dienenden Kautschukstöpseln verschlossen. Sobald 20 bis 25 Fläschchen beisammen waren, vollzog ich die Titrirung auf einmal, und controlirte zugleich den normalen Titer der Originallösung.

Digitized by Google

Zum Titriren diente frische, an der Luft getrocknete Oxalsäure, wovon 5,645 g auf den Liter Wasser gelöst wurden. 1 ccm dieser Lösung entspricht genau 1 ccm Kohlensäure. Als Indicator habe ich vielerlei Substanzen versucht, als Curcuma, Lackmus, Cochenille, Rosolsäure, Tropeolin etc.; am bequemsten anzuwenden und am empfindlichsten zugleich war die violette Lackmustinctur, wovon 1 bis 2 Tropfen genügten, um 35 bis 40 ccm Flüssigkeit entschieden roth oder blau zu färben, wenn darin nicht mehr als 0,02 ccm der Normalsäure, resp. Kalk oder Baryt von entsprechender Stärke, im Ueberschuss waren.

Die Lackmuslösung bereitete ich wie Casselmann[1]). Ich extrahirte vorerst den Lackmus mehrere Tage hindurch mit Alkohol bei gelinder Wärme, und erst dann bereitete ich den wässerigen Auszug, der eingedickt und mit einem geringen Alkoholzusatz aufgehoben wurde. Hatte ich verdünnte Lösung nöthig, so konnte sie aus der concentrirten durch einfachen Wasserzusatz bereitet werden; einige Tropfen Schwefelsäure riefen die gewünschte violette Farbe hervor. In einer mit Watte leicht verschlossenen Flasche hielt sich die Lackmustinctur monatelang unverändert; hatte sich doch manchmal die Farbe gebrochen, so konnte durch einfaches Schütteln mit Luft das Violett wieder hergestellt werden.

Zum Titriren wandte ich enge Glashahnbüretten mit einer Scala nach $^1/_{10}$ ccm an, wobei $^1/_{40}$ bis $^1/_{50}$ ccm noch sicher genug ablesbar waren.

Die zu titrirende Flüssigkeit wurde mit einer 25-ccm-Pipette aus dem Fläschchen gehoben, davon etwa 24 ccm in ein kleines, enghalsiges, weisses Medicamentenfläschchen laufen gelassen, 1 bis 2 Tropfen Lackmuslösung dazugegeben und aus der Bürette unter wiederholtem Umschütteln so viel Normalsäure zugezetzt, bis die Färbung in ein deutliches Roth überging. Jetzt wurde auch die in der Pipette verbliebene Flüssigkeit beigemengt und durch tropfen-, dann nur halbtropfenweisen Säurezusatz die Titrirung unter stärkerem Schütteln bis zum plötzlichen Umschlag der blauen Farbe in Violett zu Ende geführt.

Während der Arbeit war ich besonders darauf bedacht, dass zu den zu titrirenden Flüssigkeiten durch etwaiges Zuathmen oder durch übermässige Berührung mit der Luft keine Kohlensäure gelange. Auch darauf legte ich Gewicht, dass einerseits die Normal-, andererseits die Versuchslösungen möglichst mit denselben Instru-

[1]) Zeitschr. f. anal. Chem. 9. S. 251.

Digitized by Google

menten mit gleichen Handgriffen titrirt wurden. Das Resultat dieser Vorsicht war, dass bei derselben Lösung wiederholtes Titriren selbst einen Unterschied von nur 0,05 ccm sehr selten aufwies. Im Allgemeinen befähigte das Verfahren, eine Kohlensäuremenge von $^1/_{40}$ bis $^1/_{50}$ ccm ($^1/_{25}$ mg) zu bestimmen.

In den letzten zwei Monaten (1879) — so wie auch bei vielen anderen Gelegenheiten — habe ich die Kohlensäure nach der folgenden vereinfachten Pettenkofer'schen Methode in 11 bis 14 Liter haltigen Flaschen bestimmt. Im gut schliessenden Kautschukstöpsel der Flasche steckte ein dünnes Glasrohr, an dem aussen ein 4 bis 5 cm langes Kautschukröhrchen mit Quetschhahn befestigt war. Die Flasche wurde mit Salzsäure, darauf mit destillirtem Wasser ausgewaschen, ausgetrocknet, mit einem Handblasebalg mit der zu prüfenden Luft in der Mitte des Hofes im Freien angefüllt, rasch verkorkt, die Lufttemperatur an einem bereit gehaltenen Thermometer abgelesen und die Flasche ins Laboratorium getragen. Hier wurde eine 50-ccm-Pipette mit Barytlösung bis an den Strich vollgesogen, mit der Spitze in das verschlossene Kautschukröhrchen am Flaschenstöpsel gefügt, der Quetschhahn geöffnet und die Flüssigkeit in die Flasche laufen gelassen. Die letzten Paar Tropfen Barytlösung wurden durch kurzes Einblasen in die Flasche gebracht, der Quetschhahn wieder geschlossen, und unter wiederholtem Umschütteln 48 bis 72 Stunden lang stehen gelassen. Nun wurde die Flüssigkeit in ein reines Fläschchen gegossen und wohl verkorkt. Nachdem sich auch hier mehrere Versuchsflüssigkeiten ansammelten, wurden sie — mit Ausnahme der von den letzten 3 bis 4 Tagen herstammenden — auf einmal nach der im Obigen beschriebenen Weise titrirt.

Die grössten Schwierigkeiten bereitete die Winterkälte; es froren nämlich die Apparate draussen im Freien ein. Das Aspiratorwasser konnte ich wohl durch Kochsalzzusatz vor dem Einfrieren bewahren; nicht so die Absorptionsflüssigkeit. Eine Zeit lang versuchte ich das Baryt- und Kalkwasser mit Kochsalz zu sättigen; dadurch wurde aber der Titer der Normallösung veränderlich, und gaben auch in der Aufbewahrungsflasche die oberen und unteren Schichten des Barytwassers verschiedene Titer. Unter diesen Umständen nahm ich meine Zuflucht zur Brunner'schen Methode und aspirirte die Luft durch Kali, durch Natronkalk, oder Barytkrystalle [1]), wobei ich den Wasserdampf durch Chlorcalcium,

[1]) S. Claesson, Ber. chem. Ges. 1876, S. 176.

Digitized by Google

Schwefel- oder Phosphorsäure zu binden trachtete. Die mit diesem Verfahren erhaltenen Daten musste ich aber beinahe alle cassiren, weil ich mich überzeugte, dass sie zu namhaften Fehlern führen können. Näheres darüber sogleich.

Zum Schlusse erwähne ich noch, dass sämmtliche Analysen auf 0° und 760 mm, sowie auf trockene Luft reducirt sind. Die täglichen Barometerschwankungen aber habe ich nicht in Betracht gezogen.

Kritik der Methoden zur Kohlensäurebestimmung.

Während meiner zahlreichen Luftuntersuchungen habe ich auch die Pünktlichkeit und Vergleichbarkeit der verschiedenen Methoden zur Kohlensäurebestimmung durch viele Experimente geprüft. Dabei machte ich die unangenehme Erfahrung, dass sich keine der in Betracht kommenden Methoden einer absoluten Pünktlichkeit erfreut, sowie, dass die gewonnenen Resultate bei den Meisten weder mit den nach derselben Methode zu anderen Gelegenheiten gewonnenen, noch weniger mit den Resultaten anderer Methoden mit voller Beruhigung verglichen werden können.

Es würde mich zu weit führen, wollte ich alle diesbezüglich angestellten Versuche mit den beweisenden Daten einzeln anführen; ich erachte es für hinreichend, wenn ich die Ergebnisse der wichtigeren Experimente, eventuell durch Beispiele illustrirt, darlege.

Bestimmung der Kohlensäure mittelst Aspiration der Luft durch Kalk- oder Barytwasser.

Diese Methode kann nebst der nächstfolgenden die pünktlichste unter sämmtlichen von mir geprüften genannt werden. Zwei und mehrere Analysen, die nach ihr unter übereinstimmenden Umständen ausgeführt wurden, ergaben beinahe dasselbe Resultat. So wurde z. B. am 1. Mai 1879 die Luft durch eine T-Röhre in zwei Pettenkofer'sche Röhren geleitet; die gefundene Kohlensäuremenge betrug 0,319 und 0,327 pro Mille; am 3. Mai war das Ergebniss desselben Versuches 0,257 und 0,263 pro Mille; es stimmte also in beiden Röhren sehr gut überein. Zuweilen kamen aber auch bedeutendere Unterschiede vor.

Auch die Absorption in der Röhre und die Bestimmung in der Flasche liefern ziemlich identische Resultate, wenn man in Betracht

Digitized by Google

zieht, dass bei der Aspiration der mittlere Kohlensäuregehalt eines längeren Zeitraumes, durch die Flaschenmethode aber der Gehalt des gegebenen Versuchsmomentes gewonnen wird. So war am 6. Mai die 24stündige durchschnittliche Kohlensäuremenge, durch Aspiration bestimmt, 0,370 pro Mille, während am selben Tage von Früh bis Abends ausgeführte 6 Flaschenbestimmungen 0,333 pro Mille ergaben; am 7. Mai durch Aspiration bestimmt: 0,342, durch Flaschen (4 Best.) 0,344 pro Mille u. s. w. Bei einer grösseren Anzahl von Analysen erhielt ich durch die Flaschenmethode durchschnittlich etwas höhere Resultate, als durch Aspiration (s. unten).

Bei der Aspiration in der Pettenkofer'schen Röhre taucht eine Erscheinung auf, deren bestimmte Erklärung ich noch heute vergebens suche. Wird nämlich die Luft durch Baryt- oder Kalkwasser in ungleichen Mengen aspirirt, so werden wir auch in derselben Luft verschiedene Kohlensäuremengen erhalten, und zwar wird diese um so kleiner sein, je grösser das aspirirte Luftquantum war. Ein mit möglichster Präcision ausgeführter Versuch unter den vielen hatte folgendes Resultat: dieselbe Luft ergab bei Aspiration von 73 000 und 40 000 ccm: 0,297 resp. 0,324 pro Mille Kohlensäure; oder z. B. bei Aspiration von 17660, resp. 35 550 ccm ergab sich 0,264 und 0,231 pro Mille; häufig genug war der Unterschied noch grösser.

Anfangs dachte ich, dass bei der Aspiration von grösseren Luftmengen die raschere Passage der Luft einen Kohlensäureverlust verursachen könnte; Controlversuche haben mich jedoch sehr bald überzeugt, dass bei langsamer sowohl als bei rascher Aspiration die entweichende Kohlensäuremenge eine so minimale ist, dass sie zur Erklärung des besprochenen Umstandes nicht ausreicht. Ausserdem trachtete ich durch Einschaltungen von Kugelapparaten nach der Pettenkofer'schen Röhre zu bewerkstelligen, dass weder im langsam, noch im schnell aspirirenden Apparate nicht einmal Spuren von Kohlensäure entweichen können; trotzdem war die Kohlensäure eine geringere, wenn mehr Luft durch das Barytwasser aspirirt worden war, als bei weniger Luft.

Sollte es vielleicht ein bisher unbeachteter Bestandtheil der Luft sein, welcher das Kalk- oder Barytwasser während der Berührung modificirt, ihren Titer erhöht? Der folgende sehr sorgfältig ausgeführte Versuch widerspricht einer ähnlichen, schon an sich sehr unwahrscheinlichen Annahme. Ich aspirirte durch eine Pettenkofer'sche Röhre 7000 und 28 000 ccm Luft, deren Kohlensäure jedoch in einer Natronkalkröhre zurückgehalten

Digitized by Google

worden war. Nach beendigter Aspiration fand ich, dass in beiden Fällen der Titer des gebrauchten Barytwassers beinahe ganz unverändert geblieben ist.

Derselbe Versuch schliesst auch jene Möglichkeit aus, dass im Barytwasser selbst irgend eine Substanz enthalten wäre, die durch die Einwirkung grösserer oder kleinerer Luft-(Sauerstoff-)mengen den Titer der Barytlösung zu erhöhen vermöchte.

Nach alledem ist es am wahrscheinlichsten, dass die atmosphärische Kohlensäure, indem sie in der Pettenkofer'schen Röhre an kleiner Stelle mit kleinen Barytwassermengen in Berührung steht, einen Theil des letzteren zu Bicarbonat verwandelt, was wohl bedingen könnte, dass bei weiterer Aspiration ein kleiner Theil der Kohlensäure fortwährend ohne Wirkung auf das Barytwasser verbleibt; dadurch wird naturgemäss der Titer des Barytwassers relativ erhöht.

In dieser Richtung stellte ich zur Aufklärung des Sachverhaltes mehrere Versuche an. Ich sammelte wiederholt den nach der Aspiration in der Röhre verbliebenen Barytniederschlag sammt dem Barytwasser, bestimmte den Titer, darauf kochte ich sie unter hermetischem Verschluss und titrirte nach dem Abstehen neuerdings. Letzterer Titer hätte schwächer ausfallen müssen als der erste, wenn auch nur ein Minimum von Bicarbonat im Barytwasser und Niederschlag enthalten war. Unter den angeführten Versuchen haben einige thatsächlich ein solches Resultat ergeben; als Beispiel mag der folgende dienen: Nach Aspiration von 50 Liter Luft wurde das Barytwasser sammt dem Niederschlag in einen Kochkolben gebracht; 25 ccm davon entsprachen 9,925 ccm normaler Oxalsäure. Nach dem Kochen benöthigte dasselbe Volumen Barytwasser bloss 9,775 ccm Säure zur Neutralisation; es konnten also im Ganzen 0,6 ccm Kohlensäure zu Bicarbonat gebunden sein. Zahlreiche andere Versuche haben aber zu keinem positiven, oder wenigstens zu keinem so bestimmten Resultate geführt, indem der Titer nach dem Kochen derselbe blieb wie zuvor, oder nur um ein Geringes abnahm. Deshalb wage ich es nicht, die Untersuchungen in einer oder der anderen Richtung schon heute für abgeschlossen zu betrachten, — ich wage für die Erscheinung, dass das Barytwasser in dem Maasse weniger Kohlensäure aufweist, als die aspirirte Luftmenge wächst, keine bestimmte Erklärung zu liefern.

Die besprochene Erfahrung hat für die Beurtheilung und Vergleichung der bei der Analyse gefundenen Kohlensäuremenge eine grosse Wichtigkeit. Einerseits berechtigt sie zu dem Ausspruche,

Digitized by Google

dass sämmtliche mit der Pettenkofer'schen Methode ausgeführten Kohlensäurebestimmungen etwas geringere Kohlensäuremengen liefern als der Thatsache entspricht, und zwar um so geringere, je grösser das zur Bestimmung verwendete Luftquantum war. Andererseits erhellt auch, dass zwei oder mehrere mit derselben Methode ausgeführte Bestimmungen nur dann mit voller Beruhigung verglichen werden können, wenn bei jeder dieselbe Luftmenge verwendet worden war.

Bestimmung der Kohlensäure in Flaschen nach der Pettenkofer'schen Methode.

Dieses Verfahren ist unter allen das einfachste und scheint auch das pünktlichste zu sein.

Je zwei Parallelanalysen mit derselben Luft, und in gleich grossen Flaschen ausgeführt, ergeben nahezu vollkommen übereinstimmende Resultate. Z. B. war das Ergebniss je zweier Bestimmungen am 29. December (1879): 0,373 und 0,374, am 30: 0,407 und 0,412, am 31: 0,376 und 0,378 pro Mille etc.

Es ist ganz gleichgültig, ob Kalk- oder Barytwasser verwendet wird.

Auffallend ist es, dass die gefundene relative Kohlensäuremenge auch bei dieser Methode etwas von der verwendeten Luftmenge abhängig ist, wie ich es bei der vorhergehenden Methode fand. Als Beleg kann ich folgende aus 9 Versuchen mit circa 6 und 12 Liter haltigen Flaschen erhaltene Durchschnittszahlen anführen: in den kleinen Flaschen 0,3773, in den grossen 0,3676 pro Mille.

Noch eine auffallende Beobachtung verdient Erwähnung. Ich habe die Kohlensäurebestimmungen Monate hindurch in denselben Flaschen ausgeführt. Nach erfolgter Absorption wurden die Flaschen bloss mit Wasser, und nicht mit Salzsäure ausgewaschen, ausgetrocknet und zu neueren Luftanalysen verwendet. Mehrere Wochen hindurch fiel es auf, dass ich in diesen Flaschen stetig zunehmende Kohlensäuremengen erhielt, bedeutend höhere, als die parallel fortgesetzte Aspirationsmethode ergab. — Endlich kam ich zur Ueberzeugung, dass der an der inneren Flaschenwand verbleibende kohlensaure Baryt während des Austrocknens aus der umgebenden Atmosphäre etwas Kohlensäure absorbirte, die er dann der zuge-

Digitized by Google

gossenen normalen Barytlösung übergab und dadurch ihren Titer ungerechterweise herabsetzte. Ich habe kaum zu erwähnen, dass ich alle diese Analysen (etwa 400) gänzlich verwarf, und mich mit der Lehre begnügte.

Doch ist auch das noch nicht alles; ganz ähnliche Flaschen benutzte ich später zur Kohlensäurebestimmung in einer Weise, dass nach jeder Bestimmung der anhaftende Baryt mit Salzsäure ausgewaschen wurde. Trotzdem trübten sich die Flaschen mit der Zeit, und schien in ihnen der Baryttiter stetig schwächer zu werden. Es ist klar, dass das Barytwasser auf das Glas zersetzend wirkt und vielleicht mit der Kieselsäure vereint die Titrirung fälscht. Es scheint demnach, dass die Flasche zu keinen weiteren Kohlensäureanalysen verwendet werden darf, sobald sich ihre Wand getrübt hat. Auf dem Gesagten mag wohl theilweise auch jene Beobachtung beruhen, dass die Flaschenbestimmungen durchschnittlich etwas höhere Resultate liefern als die Aspirationsmethode; so haben im November 1879 nach beiden Verfahren ausgeführte je 10 Analysen folgende Mittelwerthe ergeben: Aspiration: 0,4228, Flasche: 0,4358 pro Mille[1]).

Kohlensäurebestimmungen nach der Brunner'schen Methode.

Die Brunner'sche Methode wurde schon mit vielfachen Modificationen zur Bestimmung der atmosphärischen Kohlensäure verwendet, und zwar wurden bald zur Bindung der Kohlensäure andere Substanzen empfohlen, als frisch gelöschter Kalk, Kalilauge, oder Kalistückchen, mit Kalilauge getränkter Bimsstein, des Krystallwassers beraubter Baryt, Natronkalk etc., — bald wandte sich die Sorgfalt besonders der Bindung des Wasserdampfes zu, zu welchem Zwecke Chlorcalcium, Schwefelsäure, Phosphorsäure angerathen wurden.

Es ist evident, dass beim Brunner'schen Verfahren der Wasserdampf die Hauptrolle spielt, denn die Kohlensäure wird durch jede der genannten Substanzen leicht und vollständig gebunden, während der Wasserdampf der Absorption sehr hartnäckigen Widerstand leistet. Dazu kommt noch, dass der in der

[1]) Vgl. S. 16.

Digitized by Google

Luft vertheilte Wasserdampf schon bei gewöhnlicher Temperatur das Gewicht der Kohlensäure in derselben Luft um das 10- bis 20fache übertrifft; wenn also bei einem Versuche bloss $^1/_{200}$ des Wasserdampfes entweichen kann: so wird er die gefundene Kohlensäuremenge um 10 Proc. erhöhen, eventuell vermindern.

Es darf also kein Staunen erregen, wenn schon vor langer Zeit gegen die Verlässlichkeit der Methode Einwände erhoben wurden, wie von Mène[1]), Gilm[2]), Hlasiwetz[3]) u. A.

Die unverlässlichste Austrocknesubstanz ist das Chlorcalcium; es wurde das von Pettenkofer[4]), dann von Fresenius[5]), Laspeyres[6]), Dibbits[7]) nachgewiesen und auch ich habe es erfahren. Am meisten wird die Analyse noch dann zutreffen, wenn vor und hinter der Absorptionsröhre Chlorcalcium von gleicher Frische eingeschaltet wird, ferner bei kalter Witterung. Solches Chlorcalcium, welches schon Wasserdampf absorbirt hat, wird anderem, frischen Chlorcalcium gegenüber Wasserdampf einbüssen, ebenso verliert es gegenüber der Schwefel- oder Phosphorsäure.

Hlasiwetz dachte, dass die Schwefelsäure Sauerstoff absorbire; er wurde aber durch Pettenkofer widerlegt. Bald wurde angegeben, dass sie Kohlensäure bindet; Fresenius leugnet es zwar, doch hat Setschenow nachgewiesen, dass die Kohlensäure auch in der Schwefelsäure beiläufig im selben Verhältnisse gelöst wird, als in Wasser. Alldas würde jedoch keinen namhafteren Irrthum verursachen; mehr schon kann der Umstand beitragen, dass die Schwefelsäure den Wasserdampf nicht vollkommen absorbirt. Voit[8]) fand, dass die Schwefelsäure in einem Liter Luft 0,21 mg Wasserdampf unabsorbirt zurücklässt; bei gewissen Analysen ist diese Menge ganz unbedeutend; bei Bestimmungen der atmosphärischen Kohlensäure jedoch ist sie ganz bedeutend, da sie eventuell 20 Proc. der gesammten Kohlensäure betragen kann.

Bei den eigenen Versuchen habe ich übereinstimmende Resultate am ehesten noch dann erhalten, wenn vor und nach der Kohlensäureröhre Schwefelsäure von gleicher Concentration einge-

---

[1]) Comptes Rendus, T. XXXIII, S. 222.
[2]) A. a. O.
[3]) Sitzber. der Wiener K. K. Akad. Bd. XX, S. 189.
[4]) Sitzber. d. bayr. Akad. 1862, II, S. 59.
[5]) Zeitschr. f. anal. Chem. I, S. 487.
[6]) Journ. f. prakt. Chem. (2), XI, S. 26; XII, S. 347.
[7]) Zeitschr. f. analyt. Chem. 1876, S. 149.
[8]) Vgl. Zeitschr. f. anal. Chem. 1876, S. 432.

Digitized by Google

stellt war; gebrauchte Schwefelsäure verlor an die noch frische vom Wasser.

Das Phosphorsäureanhydrid hat sich bei den Versuchen von Dibbits[1]) zur vollkommenen Bindung des Wasserdampfes als ganz verlässlich gezeigt; meine eigenen Versuche beweisen die Unzuverlässlichkeit dieser Substanz. Ich stellte abgewogene U-förmige Röhren mit verschiedenem Inhalt in folgender Reihe auf: 1) Natronkalk, 2) Schwefelsäure, 3) Phosphorsäure, 4) Natronkalk, 5) Phosphorsäure, 6) Natronkalk und (im anderen Schenkel) Phosphorsäure, 7) nochmals Natronkalk und Phosphorsäure. In wiederholten Versuchen wurden durch die Apparate etwa 30 Liter Luft in raschem oder langsamem Strome, also unter kürzerer oder längerer Zeit aspirirt. Das Ergebniss war, dass bei rascher Aspiration die Röhre 4 und 5 zusammen, sowie Röhre 6 und 7 keine Gewichtsänderung aufwiesen; bei langsamer Aspiration jedoch, wo die Luft mit den absorbirenden Medien länger als 24 Stunden hindurch in Berührung gestanden war, hatten Röhre 4 und 5, sowie die 6. und 7. Röhre an Gewicht zugenommen, und zwar betrug der Zuwachs in der Röhre 5 um 8,25 bis 4,9 mg mehr, als der Verlust in der Röhre 4; die Röhre 6 war mit 4,75 bis 4,25 mg schwerer, die Röhre 7 mit 2,75 bis 0,25 mg[2]).

Es ist also ersichtlich, dass die Röhren selbst nach der sorgfältigsten Bindung der Kohlensäure und des Wasserdampfes noch an Gewicht zugenommen hatten.

Um so weniger kann daran gedacht werden, dass die Gewichtszunahme der Röhren durch Kohlensäure oder Wasserdampf verursacht sein konnte, als der Gewichtszuwachs bei der kurze Zeit währenden aber raschen und ausgiebigen Aspiration ausblieb, hingegen bei der langsamen, langwierigen Aspiration auftrat. Die Ursache der Gewichtszunahme muss also in einem anderen Bestandtheil der Luft, wahrscheinlich im Sauerstoff, liegen.

Um diesbezüglich ins Reine zu kommen, habe ich die Phosphorsäureröhren zusammen verschlossen 8 Tage lang stehen lassen; die jetzt vorgenommene Gewichtsbestimmung ergab bei der 5. und 6. Röhre einen Zuwachs von 7,85 resp. 1,5 mg. Der Gewichtszuwachs konnte also bloss (?) durch Sauerstoffaufnahme bedingt sein.

---

[1]) A. a. O.

[2]) Ich kann noch erwähnen, dass in der 6. Röhre halb so viel Phosphorsäure enthalten war als in der 5.; die 7. enthielt auch nur die Hälfte der 6.

Digitized by Google

Nun forschte ich nach der Ursache der Sauerstoffabsorption. Die Phosphorsäure erwies nicht einmal Spuren von phosphoriger Säure. Wurden grössere Phosphorsäuremengen in Wasser gelöst, so ergab darin die Mitscherlich'sche Probe wohl keinen freien Phosphor; wurde jedoch dieselbe Säure in Wasser gelöst, decantirt, und der Rückstand getrocknet: so lieferte dieser Phosphorgeruch.

Ich muss mir also den gefundenen Gewichtszuwachs der Phosphorsäure so erklären, dass in der Phosphorsäure minimale Phosphorpartikel enthalten sein können, die bei der langsamen und langwierigen Aspiration oxydirt werden. Die event. Anwesenheit dieser Phosphorpartikel macht die Phosphorsäure zur Bindung des Wasserdampfes bei der Bestimmung der atmosphärischen Kohlensäure unbrauchbar.

Nach dem Angeführten kann den mit der Brunner'schen Methode ausgeführten Kohlensäurebestimmungen kein Vertrauen entgegengebracht werden. Am beruhigendsten wird die Methode noch dann sein, wenn zur Bindung des Wasserdampfes frische Schwefelsäure benutzt, wenn Schwefelsäure von vollkommen identischer Stärke vor und nach der Absorptionsröhre eingeschaltet wird, und wenn man es mit wasserarmer (kalter) Luft zu thun hat.

Ein grosser Nachtheil der Methode ist noch das langwierige Abwägen.

Gegen die Genauigkeit der von Lévy angewendeten analytischen Methode habe ich schon weiter oben meine Bedenken hervorgehoben.

Menge der atmosphärischen Kohlensäure.

Die mittlere Menge der atmosphärischen Kohlensäure war auf Grundlage von circa 1200[1]) Analysen auf meiner Versuchsstation in den Jahren 1877 bis 1879 = 0,3886 ccm im Liter Luft und zwar betrug die Kohlensäure 1877: 0,4135, 1878: 0,3735, 1879: 0,3788 pro Mille.

Der höhere Werth des Jahres 1877 war zweifellos theilweise dadurch bedingt, dass in diesem Jahre gewöhnlich bedeutend weniger Luft durch das Barytwasser aspirirt wurde, als in den folgenden Jahren. Dies in Betracht gezogen, kann gesagt werden, dass die atmosphärische Kohlensäure an ein- und dem-

[1]) In dieser Zahl sind bloss die systematischen Luftanalysen enthalten. Längere Zeit hindurch habe ich täglich zwei Bestimmungen gemacht, Nachts und Tags über gesondert; daher die grosse Anzahl der Analysen.

Digitized by Google

selben Orte von Jahr zu Jahr ein überraschendes Gleichgewicht einhält.

Nicht so gleichwerthig ist die Kohlensäure an von einander entfernten Orten. Zur leichteren Uebersicht stelle ich hier die an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Analysen zusammen:

Thenard (Paris)	0,391
Th. Saussure (Genf etc.)	0,415
Boussingault (Paris)	0,400
Lévy (Süd-Amerika)	0,300 bis 0,400
Gilm (Innsbruck)	0,380 bis 0,460
Smith (Manchester)	0,369
„ (London)	0,349
De Luna (Madrid)	0,505
Schultze (Rostock)	0,292
Truchot (Clermont-Ferrand)	0,378
Fodor (Klausenburg)	0,380
Fittbogen und Hasselbarth (Dahne)	0,334
Claesson (Lund)	0,297
Farsky (Tabor)	0,343
Lévy (Paris, Montsouris) 1877 bis 1879	0,340
Reiset (Dieppe)	0,294
? (Glasgow)	0,366
Wolffhügel (München)	0,376
Macagno (Palermo)	0,360
Fodor (Budapest)	0,389

Aus diesen Reihen ist es evident, dass die Analysen an verschiedenen Orten sehr abweichende Resultate geliefert haben. Ich muss gleich hier erwähnen, dass diese Unterschiede der Ergebnisse theilweise auch durch die Verschiedenheit der Untersuchungsmethoden bedingt sind; auf Grundlage meiner obigen Erörterungen über die einzelnen Untersuchungsmethoden kann das aufs Bestimmteste gesagt werden. Trotzdem ist nicht zu bezweifeln, dass der Unterschied in den Angaben grösstentheils doch von der ungleichen Menge der Kohlensäure an verschiedenen Orten abhängt. Ein Vergleich der obigen Angaben lässt also den Ausspruch zu, dass der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre in den nördlichen, dem Meere nahe liegenden Gegenden (Rostock, Lund, Dahne, Dieppe) ein geringerer, an südlicheren, im Centrum des Continentes gelegenen Orten aber

Digitized by Google

(Madrid, Genf, Innsbruck, Klausenburg, Budapest) ein grösserer ist. Gewiss reichen aber die bisherigen Daten bei weitem nicht aus, um aus ihnen die Gesetze der Verbreitung der Kohlensäure unter verschiedenen Zonen genauer aufzustellen.

Schwankungen der Kohlensäuremengen.

a) Schwankungen nach Monaten und Jahreszeiten.

Während der drei abgelaufenen Jahre schwankte das Kohlensäuremittel in den einzelnen Monaten folgendermaassen:

	1877	1878	1879
Januar	—	0,372	0,372
Februar	—	364	366
März	0,450	356	— [1]
April	398	334	— [1]
Mai	413	392	347
Juni	468	340	353
Juli	411	352	357
August	412	387	368
September	424	405	390
October	416	415	376
November	414	382	413 [2]
December	379	384	446 [2]
Jahresmittel:	0,4135	0,3735	0,3788

Ein Vergleich dieser Zahlenreihen wird beweisen, dass die Schwankungen der einzelnen Monate gewissen Gesetzen folgen. Im Allgemeinen ist die Kohlensäure im Winter am geringsten, in den Frühjahrsmonaten steigt sie etwas an, fällt zur Sommermitte neuerdings und erreicht den höchsten Stand im Herbst. Augenscheinlicher wird das durch folgende Mittelwerthe für die Jahreszeiten, welche aus obigen Zahlen gezogen sind:

---

[1]) Im März und April 1879 habe ich die Kohlensäure nach dem Brunner'schen Verfahren bestimmt; wegen Unverlässlichkeit der Methode mussten die Daten nachträglich verworfen werden.

[2]) Die Analysen wurden nach der Pettenkofer'schen Methode in 12 Liter haltigen Flaschen ausgeführt.

Digitized by Google

Mittel für	December bis	Februar	. . .	383
„ „	März	„ Mai	. . . .	384
„ „	Juni	„ August	. . .	383
„ „	September	„ November	. .	404

Von älteren Beobachtern hat schon Lewy[1]) erwähnt, dass er zuweilen im Herbst viel höhere Kohlensäurewerthe erhielt als im Sommer und Frühjahre. Auch Mène[2]) behauptet auf Grundlage seiner Beobachtungen, dass die Kohlensäure im Frühjahre zunimmt, zur Sommermitte fällt, dann wieder ansteigt und ihr Maximum im October erreicht. Aehnliches erhellt auch aus den Daten von Fittbogen und Hasselbarth[3]); ihr Mittel ist für December bis Februar: 0,324; für März bis Mai: 0,337; für Juni bis August: 0,334, endlich für September bis November: 0,339 pro Mille.

Abweichend von diesen Beobachtungen sind die Angaben von Lévy[4]), der bei seinen Analysen 1877/78 und 1878/79 folgende Kohlensäuremengen erhielt: im Winter: 0,348, im Frühjahr 0,347, im Sommer 0,349, im Herbst 0,318. Nimmt man übrigens nur die Daten von 1877/78 in Betracht, so ergiebt sich auch bei ihm, dass die Kohlensäure der warmen Jahreszeit (0,343) ansehnlich höher ist, als die der kalten Saison (0,312)[5]).

In die Erörterung der Ursachen dieser Erscheinung werde ich mich weiter unten einlassen.

b) Tägliche Schwankungen der Kohlensäure.

Weit beträchtlicher als die jährlichen und monatlichen Schwankungen der Kohlensäure sind die täglichen. Man kann sagen, dass in einer Reihe von Jahren kaum zwei Tage einander folgen, an denen die atmosphärische Kohlensäure ganz dieselbe bliebe. Am besten wird das eine Durchsicht der ersten Curve auf der beiliegenden Tafel I. beweisen, welche den täglichen Stand der atmosphärischen Kohlensäure illustrirt[6]). Das Wogen der Kohlensäure geschieht, wie dort zu sehen, ziemlich regelmässig. Einige Tage hindurch steigt sie an, um dann unter das Tagesmittel zu sinken.

---

[1]) Comptes Rendus 1850, II, 725.
[2]) Ibidem, 1863, I, 155.
[3]) A. a. O.
[4]) Annuaire etc. 1879 und 1880.
[5]) Macagno, in Palermo, fand im Februar bis Mai 0,330, Juni bis August 0,390 pro Mille Kohlensäure. Chem. Centralbl. 1880, 15.
[6]) Auf dieser Zeichnung entspricht die Höhe von 1 mm je 0,01 pro Mille Kohlensäure; es wird also z. B. der 50. mm, d. h. der 5. cm, 0,5 pro Mille CO_2 anzeigen.

Digitized by Google

Die Schwankung erfolgt stets zwischen bestimmten Grenzen. Bei den Untersuchungen von Schultze 1869 bis 1871 war der höchste Kohlensäurewerth 0,344 pro Mille, der niedrigste 0,225 pro Mille. Claesson fand als Maximum 0,327, als Minimum 0,237 pro Mille. Bei Farsky war die Schwankung durch 0,407 und 0,302 pro Mille begrenzt, — bei Fittbogen und Hasselbarth hielt sie sich zwischen 0,417 bis 0,270 pro Mille etc.

Andere haben grössere Kohlensäureschwankungen aufgezeichnet. So war bei Saussure das Maximum 0,574, das Minimum 0,315 pro Mille. De Luna fand zu Madrid als Grenzen 0,200 und 0,900, Smith 0,285 und 0,734. Lévy hat sogar, wie ich schon erwähnt, eine Schwankung zwischen 0,3, 0,4 und 4,9 pro Mille beobachtet.

In meinen Untersuchungen hält die Schwankungsweite der Kohlensäure die Mitte unter den angeführten Beobachtern ein. Selten erhob sie sich über 0,500, nur ausnahmsweise bis 0,600. Es wurden jedoch am 29. Juli 1877 0,737 pro Mille notirt. Nach unten sank die Kohlensäure selten unter 0,300; sie war im Juni 1878 vorzüglich niedrig, zu welcher Zeit ein Stand unter 0,300 häufiger vorkam, so z. B. am 10. 0,233 (Durchschnitt aus 2 Bestimmungen) pro Mille, ebenso im April und Juli desselben Jahres.

Ich bemerke gleich, dass ich auf diese Maximal- und Minimalzahlen für sich allein kein grosses Gewicht lege, weil ich weiss, dass selbst bei der sorgfältigsten Controle in grösseren Versuchsreihen, bei massenhaften Kohlensäureanalysen einzelne Irrthümer unterlaufen. Deshalb bin ich geneigt, als Grenzen der Kohlensäureschwankungen 0,200 bis 0,600 pro Mille aufzustellen, welche, wenn auch selten, doch zeitweise thatsächlich vorkamen. — Höhere oder niedere Mengen beruhen entweder überhaupt auf Irrthümern, oder ereignen sich höchst selten.

Ein Blick auf die 1. Curve der Tafel I. wird beweisen, dass die täglichen Schwankungen der Kohlensäure im Verlaufe des ganzen Jahres keine gleichmässigen sind. — Es fällt auf, dass sich die Kohlensäure, kürzere oder längere Zeit hindurch, auf ziemlich constanter Höhe erhält, dann weist sie plötzlich eine bedeutendere Schwankung auf, um nach Ablauf dieses bedeutenderen Wogens wieder constant zu werden. Diese beträchtlichen Tagesschwankungen ereignen sich besonders im Herbst, sowie zu Ende des Frühjahrs und Anfangs Sommer. Dem gegenüber fällt die Constanz der Kohlensäure im Winter und zu Beginn des Frühjahres auf.

Digitized by Google

Auch das kann der Aufmerksamkeit nicht entgehen, dass dieses Wogen in den einzelnen Jahren nicht übereinstimmt; im einen, z. B. 1877, ist es um vieles bedeutender, im anderen, z. B. 1879, überhaupt schwächer.

Die auffällige Gleichmässigkeit der Kohlensäuremenge in diesem letzten Jahre stimmt mit den Beobachtungen am Montsouris überein, wo im Jahre 1879 gleichfalls erstaunlich constante Kohlensäuremengen gefunden wurden [1]).

c) Kohlensäuremenge am Tage und in der Nacht.

Saussure hat die atmosphärische Kohlensäure auch in der Nacht sehr fleissig untersucht. Zu diesem Zwecke hat er häufig um Mitternacht in seinen ausgepumpten Flaschen Luft gesammelt. Die Nachtluft fand er im Allgemeinen kohlensäurereicher als die Tagesluft. Während das Kohlensäuremittel bei jener 0,432 pro Mille war, betrug es bei letzterer 0,398. Saussure bemerkt auch noch, dass dieser Unterschied im Winter weniger auffällt, als im Sommer. Dasselbe fanden Mène, Léwy (über dem Meeresspiegel), Boussingault und Truchot. Thorpe kam zum entgegengesetzten Resultate; er fand ein Tagesmittel von 0,3011, und ein Nachtmittel von nur 0,2993 pro Mille.

Meine eigenen diesbezüglichen Untersuchungen weisen folgendes Ergebniss auf. Im März und April, so wie im September, October und November 1877 habe ich die Tages- und die Nachtkohlensäure abgesondert bestimmt. Die Luft wurde zu diesem Zwecke einmal vom Morgen bis zum Abend, dann vom Abend bis zum Morgen durch besonderes Kalkwasser geleitet. Das Resultat ist folgendes:

Das Mittel der Tagesanalysen war zu jener Zeit 0,418, das Nachtmittel 0,426, es ist also des Nachts mehr Kohlensäure in der Atmosphäre enthalten als am Tage. In Folge dessen werden nur solche Analysen die wirkliche Kohlensäuremenge der Atmosphäre anzeigen, welche nicht nur die Tagesluft, sondern in demselben Maasse auch die Nachtluft berücksichtigen. Dieser Anforderung entsprechen meine eigenen Analysen, bei denen die Luft Tag und Nacht ununterbrochen aspirirt worden war.

---

[1]) Vgl. Annuaire de l'Obs. d. Monts. 1879, S. 426. 1880, S. 385.

Digitized by Google

Sehr lehrreich ist die besondere Zusammenstellung der Tages- und der Nachtmenge der Kohlensäure nach den einzelnen Monaten. Das Monatsmittel war:

	Tagesluft	Nachtluft
im März . . .	0,456	0,444 pro Mille.
im April . . .	0,413	0,374 „ „
im September .	0,402	0,474 „ „
im October . .	0,407	0,425 „ „
im November .	0,415	0,413 „ „

Die Kohlensäure ist also nicht immer des Nachts mehr, als am Tage. In sehr bedeutendem Maasse ist sie es im Herbst, während im Frühling die Nachtluft weniger Kohlensäure enthält als die Tagesluft. Die Erörterung der Ursache dieser Erscheinung lasse ich später folgen.

Mène[1]) hat behauptet, dass die Kohlensäuremenge auch während des Tages Schwankungen unterworfen ist. Seine Analysen lassen die Sache wahrhaftig in diesem Lichte erscheinen; trotzdem muss ich seine Angaben als vollständig unverlässlich erklären, weil seine einzelnen Parallelbeobachtungen sehr abweichende Resultate lieferten. So erhielt er z. B.:

	Früh	Mittags	Abends
Am 4. August	4,400	0,420	0,270 pro Mille.
„ 5. „	0,120	0,270	0,290 „ „
„ 6. „	0,130	0,360	0,300 „ „
„ 7. „	0,125	0,340	0,112 „ „

Diese Analysen waren zweifellos höchst fehlerhaft.

Auch Truchot[2]) hat in neuester Zeit einige Bestimmungen ausgeführt, mit denen er die Frage zu entscheiden bestrebt ist; doch sind auch seine Analysen durchaus unverlässlich, dazu auch noch zu wenige. So sollte z. B. an ein und demselben Tage die Kohlensäure Morgens 0,460, Nachmittags 0,870 pro Mille (!) betragen haben; an einem anderen Tage Morgens 0,480, Nachmittags 0,350 pro Mille etc.

Im Verlaufe meiner Untersuchungen richtete ich mein Augenmerk auch auf diese Frage und habe zu wiederholten Malen zahlreiche Bestimmungen Morgens, Mittags und Abends in Pettenkofer'schen Flaschen gemacht. Wegen Raummangel muss ich

[1]) C. R. 1851, II, 222.
[2]) Jahresber. f. agr. Chemie 1877, S. 93.

Digitized by Google

mich begnügen, nur die Analysen von Mitte Mai 1878 anzuführen, die mit besonderer Sorgfalt vollzogen wurden. Die Kohlensäuremenge war die folgende:

	Morgens	Mittags	Abends
7. Mai	0,324	0,349	0,337
	0,321	0,325	0,341
8. „	0,394	0,368	—
9. „	0,371	0,427	0,357
10. „	—	0,331	0,388
11. „	—	0,365	0,369
	—	0,392	0,378
12. „	0,375	0,397	0,373
	—	0,407	0,400
13. „	0,362	0,379	0,391
	0,391	0,401	—
14. „	0,359	—	0,445
	—	—	0,439
15. „	0,394	0,387	0,457
16. „	0,369	0,362	0,397
17. „	0,421	—	0,488
18. „	0,369	0,381	0,433
19. „	0,410	0,367	0,484
20. „	0,403	—	0,427
Mittel:	0,376	0,376	0,406.

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dass die Kohlensäure während des Tages ziemlich beständig ist, am Abend jedoch eine bedeutende Vermehrung erleidet. Die Erhöhung ist so beträchtlich, dass sie das Verhältniss, in dem die Nachtkohlensäure höher steht als die Tageskohlensäure, noch um vieles übertrifft. Mit Recht kann also gefolgert werden, dass die nächtliche Kohlensäurezunahme hauptsächlich durch den Kohlensäurereichthum der Abendstunden zu Stande kommt.

d) Kohlensäureschwankungen unter verschiedenen Verhältnissen; nämlich: Berg und Thal, Meeresspiegel und Continent, Städte und Dörfer.

Unter allen den verschiedenen Verhältnissen wurde die atmosphärische Kohlensäure untersucht. Obwohl sich meine Beobach-

Digitized by Google

tungen in dieser Richtung nicht erstreckten, wünsche ich doch von den diesbezüglichen Angaben eine Uebersicht zu liefern, weil deren Resultate zur Beleuchtung des späteren Verlaufs meiner Arbeiten beitragen.

Auf Bergeshöhen haben mehrere Naturforscher die Kohlensäure untersucht: Saussure, die Gebrüder Schlagintweit, Frankland, Smith, Truchot u. A.

Saussure behauptet, auf Bergen mehr Kohlensäure gefunden zu haben, als in den Thälern [1]). Aus seinen Daten erhellt jedoch, dass das keine constante Erscheinung war; er fand sogar häufig im Thale mehr Kohlensäure als auf dem Berge.

Die Analysen der Gebrüder Schlagintweit und Frankland's habe ich schon oben als unverlässlich gekennzeichnet; der Umstand, dass sie auf hohen Bergen auffallend viele Kohlensäure gefunden haben, besitzt also kaum welche Bedeutung. Um vieles beruhigender sind die Untersuchungen von Smith [2]). Er bestimmte die Kohlensäure in Schottland auf zahlreichen Bergen und an deren Fusse; im Durchschnitt war sie auf der Höhe 0,332, und am Fusse 0,341 pro Mille. Auf Grund der auf verschieden hohen Bergen ausgeführten Analysen stellte er folgende Mittelwerthe zusammen:

in der Höhe von				weniger als 1000′	.	.	.	0,337 pro Mille
„	„	„	„	1000 bis 2000′	.	.	.	0,334 „ „
„	„	„	„	2000 bis 3000′	.	.	.	0,332 „ „
„	„	„		über 3000′	.	.	.	0,336 „ „

Im Ganzen genommen ist also die Kohlensäure an höher gelegenen Orten, auf Bergen und Hügeln, mit ziemlicher Regelmässigkeit geringer als an tiefer gelegenen.

Am entschiedensten sprechen aber die Zahlen von Truchot [3]). Dieser Forscher fand in Clermont-Ferrand, welches 395 m über dem Meeresspiegel liegt, 0,313 pro Mille CO_2; auf der Spitze des Puy de Dôme (1446 m) bloss 0,203 pro Mille, und am Pic de Sancy (1884 m) bloss 0,172 pro Mille. Auf Bergen fand er also ein umgekehrtes Verhältniss zwischen der Höhe und dem Kohlensäuregehalt der Atmosphäre.

---

[1]) A. a. O.
[2]) A. a. O. S. 60.
[3]) C. R. 1873, II, 675.

Digitized by Google

Ich halte letztere Auffassung für die richtige trotz der Meinung von Saussure und der widersprechenden Daten der Gebrüder Schlagintweit und Frankland's, selbst trotzdem, dass Tissandier anlässlich einer Luftschifffahrt in der Höhe von 890 m bloss 0,240 Kohlensäure gefunden hat, auf 1000 m Höhe jedoch 0,300 pro Mille [1]). Die Untersuchungen von Smith und Truchot sind nämlich — wegen der empfindlicheren Methode — verlässlicher, als die der Anderen [2]); ausserdem entspricht aber diese Auffassung auch viel besser den Naturgesetzen, welche die Vertheilung der Kohlensäure in der Atmosphäre zu reguliren scheinen. Es gilt das sowohl vom Dalton'schen Gesetze, auf welches sich Truchot zur Erklärung seiner Beobachtung beruft, als auch von der Bodentheorie, welche ich unten darlegen werde.

Lévy, Muir, Thorpe haben die Kohlensäure über dem Meeresspiegel untersucht; bisher haben diese Untersuchungen zu keinem bestimmten Resultate geführt. Lévy fand über dem Meeresspiegel mehr Kohlensäure [3]), Muir giebt die Kohlensäure dort und am Continente als gleich an [4]), während Thorpe mit der Pettenkofer'schen Methode in Brasilien eben über dem Festlande die höhere Kohlensäure fand [5]).

Saussure fand über dem Spiegel des Genfersee weniger Kohlensäure als in der freien Luft von Chambeisy; am ersteren Orte war das Mittel von 36 Bestimmungen 0,439, am Festlande 0,460 pro Mille.

Nachdem auch Schultze bei seinen zahlreichen und aufmerksamen Untersuchungen gefunden hat, dass der vom Meere kommende Wind ärmer an Kohlensäure ist (s. unten), als der vom Festlande her wehende, kann vorläufig als wahrscheinlich acceptirt werden, dass die Kohlensäure über dem Meeresspiegel in Wahrheit geringer ist als über dem Continente.

Für den ersten Blick könnte geglaubt werden, dass die Städte mit den zahlreichen Fabriken, den vielen athmenden Menschen und Thieren den Kohlensäuregehalt in der Stadt oft um ein Bedeutendes erhöhen müssten; die Erfahrung lehrt jedoch, dass diesbezüglich

---

[1]) C. R. 1875, I, 976.

[2]) Tissandier hat die Kohlensäure durch Kalihydrat absorbiren lassen, sie dann mit Schwefelsäure ausgetrieben und im Eudiometer, wieder mittelst Kali, gemessen.

[3]) L. c. Smith. Air and Rain. S. 48.

[4]) Chem. News XXXIII, l. c. Jahresber. Fortschr. d. Chem. 1876, S. 213.

[5]) Jahresber. Fortschr. d. Chem. 1867, S. 183.

Digitized by Google

kein grosser Unterschied zwischen den Grossstädten und ihrer Umgebung besteht. Saussure hat z. B. die Atmosphäre von Genf und Chambeisy verglichen, und fand dort 0,468, hier 0,437 pro Mille. Lehrreicher noch ist die Angabe von Boussingault[1]), der im Vereine mit Lévy die Luft zur selben Zeit in Paris und in Andilly untersuchte; das Mittel von drei Bestimmungen war dort 0,319, hier 0,299 pro Mille. Dasselbe Resultat erhielten Smith, Roscoe in Manchester, London und anderwärts.

Es kann demnach als eine auffällige zwar aber naturgemässe Thatsache angenommen werden, dass selbst die colossale Kohlensäureproduction in Grossstädten nicht im Stande ist, den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre beträchtlich zu erhöhen. In der grossen Masse der Atmosphäre vertheilt sich und verschwindet selbst die reichliche Kohlensäure des engen Stadtgebietes.

Ursachen der Schwankungen der Kohlensäure in der Atmosphäre.

Aus dem bisher Gesagten folgt, dass die Menge der atmosphärischen Kohlensäure an verschiedenen Orten, unter verschiedenen Verhältnissen, — ferner während des ganzen Jahres, ja selbst zu verschiedenen Stunden des Tages eine andere, — dass sie einer fortwährenden Schwankung, einem unbeständigen Wogen unterworfen ist.

Eine hochwichtige Frage der Naturwissenschaft ist es, zu ergründen, welche Naturkräfte es sind, die diese Schwankungen beeinflussen, sie bedingen?

Es sei mir gestattet, diese Naturkräfte und ihre Rolle gegenüber der atmosphärischen Kohlensäure detaillirt zu besprechen.

a) Einfluss des Regens auf die atmosphärische Kohlensäure.

Saussure hat behauptet, dass die Regen auf die Kohlensäure des Luftkreises einen grossen Einfluss ausüben. Er folgerte es daraus, dass während 1827, 1828 und 1829 die Kohlensäure desselben Monates in den verschiedenen Jahren dem entsprechend mehr oder

[1]) Ann. d. Chim. et de Phys. 1844, S. 456.

Digitized by Google

weniger war, als in demselben Monate mehr oder weniger Regen fiel. So betrugen z. B. die Regen- und Kohlensäuremengen im September jener drei Jahre:

Jahr	Regen (in mm)	CO_2
1827	30	0,510
1828	104	0,418
1829	254	0,357

Der Regenfall vermindert also, nach Saussure, die Kohlensäure in der Atmosphäre; hauptsächlich thut es der anhaltende Regen, der plötzliche, wenn auch massenhafte, jedoch nicht so sehr. — Schultze äussert sich dahin, dass während des Regens auf die Kohlensäure so entgegengesetzte Kräfte einwirken, dass dadurch bald dieses bald jenes Resultat hervorgerufen wird [1]).

Meine Beobachtungen beweisen den entschiedenen Einfluss der Regen auf die Kohlensäuremenge, und zwar in jener Richtung, die schon Saussure behauptete. Wer sich der Mühe unterzieht, auf den beiliegenden Tafeln die Curven der atmosphärischen Kohlensäure (Tafel I. Curve 1) und des Regens (Tafel II. Curve 1) zu vergleichen, wird wahrnehmen, wie regelmässig die Kohlensäuremenge während des Regens abnimmt, und dass nach dem Regen, besonders in warmen Jahreszeiten, wieder eine Kohlensäurezunahme erfolgt. Als Beispiele können dienen: 18. bis 19., 20. bis 21. März 1877, 1. bis 2., 6. bis 7., 16. bis 17. April, 16. bis 17., 21. bis 22. Mai, 22. bis 23. Juni, 2. bis 3., 6. bis 7. Juli etc.

Ich weiss recht gut, wie beschwerlich es ist, umfangreiche Zeichnungen zur Erkenntniss eines Sachverhaltes durchzusehen und zu vergleichen; deshalb habe ich getrachtet, den Einfluss der Regen auf die Kohlensäure in einfacherer Form ersichtlich zu machen. Ich entnahm den dreijährigen Beobachtungen die Kohlensäuredaten der Regentage und der vorhergehenden Tage, und berechnete daraus folgende Mittelwerthe:

Ich fand 77 nach regenfreien Tagen folgende Regentage; darunter wiesen 58 im Vergleich zum vorhergehenden Tage eine Kohlensäureabnahme, 19 eine Zunahme auf. Die Mittel dieser Regen- und vorhergehenden regenfreien Tage waren:

	Tag vor dem Regen	Regentag
1877	0,461	0,415
1878	0,386	0,353
1879	0,368	0,360

[1]) Landw. Versuchsstationen. XIV, 1871, S. 380.

Digitized by Google

Der Regen vermindert sonach ganz entschieden die Kohlensäure der Atmosphäre.

Ferner verglich ich 53 solche Tage, an denen — nach vorhergegangenem trockenen Wetter — Regen gefallen war, mit je 3 — also zusammen 155 — darauf folgenden Tagen, und zwar in den Winter- und Sommermonaten (November bis April, resp. Mai bis October) gesondert. Es ergab sich im Durchschnitt der folgende Kohlensäuregehalt der Luft:

	Regentage	Durchschnitt von 3 Tagen nach dem Regen
im Winter	0,378	0,368
im Sommer	0,368	0,390

Nach der Betrachtung dieser Mittelwerthe kann nicht bezweifelt werden, dass die Verminderung der Kohlensäure nach dem Regen im Winter eine andauernde ist; im Sommer folgt ihr jedoch alsbald eine bedeutendere Kohlensäurevermehrung.

Die Erörterung der Frage: auf welche Weise der Regen die Kohlensäure vermindert, resp. erhöht? möge für später vorbehalten bleiben.

b) Einfluss des Schneefalles.

Schultze machte in Rostock die Beobachtung, dass an Tagen mit starkem Schneefall die Kohlensäure häufig eine bedeutende Zunahme erfuhr; ein anderes Mal blieb sie unverändert, oder nahm ab. Auch meine eigenen Beobachtungen haben zu ähnlichen Resultaten geführt. An Tagen mit sehr starkem Schneefall stieg die Kohlensäure zuweilen sehr stark an; zu anderen Gelegenheiten erfolgte das nicht. Im Ganzen haben 30 Schneetage und 23 vorhergegangene Tage ohne Schneefall folgende Kohlensäuremittel geliefert:

Schneetage: 0,381
Tage vor dem Schneefall: 0,375.

Am Schneetage ward also eine factische, wenn auch geringe Zunahme der Kohlensäure verzeichnet.

c) Einfluss des Nebels.

Smith[1]) und Schultze[2]) haben auch während starker Nebel einige Mal auffallende Kohlensäurezunahmen beobachtet. Smith

[1]) Air and Rain. S. 52. [2]) Schultze, a. a. O. S. 381.

Digitized by Google

fand in den Strassen von Manchester zu normalen Zeiten 0,403 pro Mille Kohlensäure, während eines (!) dichten Nebels aber 0,679 pro Mille. Bei meinen Beobachtungen war das Kohlensäuremittel aus 26 Tagen mit dichtem Nebel: 0,376, dasjenige der vorhergehenden Tage 0,374 pro Mille. Der Unterschied ist also verschwindend klein.

d) Einfluss von Frost und Thauwetter auf die Kohlensäure.

Einen bedeutenden Einfluss auf den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre übt der Frost und das darauf folgende Thauwetter aus. Saussure hat trotz der geringen Anzahl seiner Untersuchungen auch diese Erscheinung wahrgenommen und behauptet, dass die Kohlensäure während des Frostes vermehrt, während des Aufthauens aber vermindert ist. Auch meine Daten beweisen es mit einer jeden Zweifel ausschliessenden Gewissheit. Ich habe zuerst jene Tage zusammengestellt, an denen der Frost begann, dann diejenigen, welche dem Froste vorangegangen waren, und diejenigen, an welchen Thauwetter eintrat[1]), und erhielt dadurch folgende Mittelwerthe:

Kohlensäure der Tage vor dem Froste	0,354
„ „ „ welche Frost einleiten .	0,371[2])
„ „ „ bei Thauwetter	0,369

Die natürlichste Erklärung dessen, dass die Kohlensäure durch den Frost vermehrt wird, kann darin gesucht werden, dass der Frost aus den Gewässern die Gase, somit auch die Kohlensäure, austreibt. Ein auf derselben Grundlage fortgesetztes Raisonnement wird auch zur Ursache der Kohlensäureabnahme zu Beginn des Thauwetters führen. Das durch den Frost seiner Gase beraubte Wasser wird beim Aufthauen aus der über ihm lagernden Luftschicht die Gase, darunter auch die Kohlensäure, begierig absorbiren.

---

[1]) Um den unmittelbaren Vergleich in dieser Richtung zu ermöglichen, habe ich in der Curve 3 der Tafel II. die Schwankungen der Lufttemperatur in 1877, 1878 und 1879 nach den Angaben der königl. meteorol. Centralanstalt aufgenommen.

[2]) Die zur Mitte November 1879 eingetretene ausserordentliche Kälte hat den Kohlensäurereichthum dieses und des folgenden Monats merklich erhöht. Vgl. Tafel I. Curve 1.

Digitized by Google

e) Einfluss der Luftdruckschwankungen.

Ich habe die Schwankungen des Barometers[1]) mit denen der Kohlensäure verglichen. Aus den Jahren 1877, 1878 und 1879 habe ich die Kohlensäuremengen von insgesammt 255 solchen Tagen entnommen, die ihren Vorgängern gegenüber eine bedeutende Barometerschwankung aufwiesen, und dann das Kohlensäuremittel einerseits der Tage mit erhöhtem Barometerstand, andererseits jener mit vermindertem Luftdruck verglichen. Das Resultat fiel negativ aus; die Kohlensäure war beim Steigen und Fallen des Luftdruckes ziemlich dieselbe, nämlich 0,395 und 0,387. Es schien mir wahrscheinlich, dass in diesen Zahlen unter dem Einfluss eigenthümlicher Naturkräfte ein Werth den anderen deckt, und dadurch das Ergebniss verschwommen macht; desshalb habe ich das Verhalten der Kohlensäure während verschiedener Luftdruckschwankungen zur kalten[2]) und zur warmen[2]) Jahreszeit gesondert untersucht.

Es ergab sich, dass in der kalten Jahreszeit die Kohlensäure sich vermehrt, wenn der Luftdruck steigt und vice versa; in der warmen Jahreszeit hingegen geht mit der Erhöhung des Luftdruckes ein Sinken der Kohlensäure und mit der Abnahme des Luftdruckes eine Zunahme der Kohlensäuremenge einher. Es ist das aus folgenden Mittelwerthen ersichtlich:

	Winter (1877, 1878 und 1879[3]).	Sommer (1877, 1878 und 1879[3]).
Luftdruckerhöhung	0,410 = +	0,380 = −
Luftdruckfall	0,378 = −	0,395 = +

Die Ursachen dieser Erscheinung sollen später erörtert werden.

f) Wirkung der Winde.

Winde bewegen die Atmosphäre, peitschen sie auf; es ist von grossem Interesse zu wissen, welchen Einfluss sie auf deren chemische Zusammensetzung, speciell auf den Kohlensäuregehalt ausüben.

---

[1]) Die Luftdruckschwankungen sind auf Tafel II. in der Curve 4 verzeichnet.

[2]) Kalte Jahreszeit = December bis April; warme Jahreszeit = Mai bis November.

[3]) Winter = December bis April; Sommer = Mai bis November.

Digitized by Google

Saussure fand an windigen Tagen etwas mehr Kohlensäure als an windstillen. Bei Smith finde ich an windigen Tagen bald mehr bald weniger Kohlensäure verzeichnet. Eine besondere Wichtigkeit schreibt Schultze den Winden zu; er fand, dass bei Nord-Ost die Kohlensäure gewöhnlich zu-, bei Süd-West abnahm. In Anbetracht der geographischen Lage von Rostock zog er daraus den Schluss, dass es die Meeresoberfläche ist, über die der Südwestwind hinfegt und an die er einen Theil seiner Kohlensäure abgiebt, daher die Kohlensäureabnahme; bei dem über das Festland herwehenden Nordostwinde findet das nicht statt, weshalb auch beim Herrschen dieses Windes die Kohlensäure nicht abnimmt.

Ich habe 222 windige Tage [1]) aus 1877, 1878 und 1879 auf ihre Kohlensäure mit dem Jahresmittel verglichen und folgende Werthe erhalten:

	Jahresmittel	Mittel der windigen Tage
1877 bis 1878 . .	0,3935	0,3891
1879	0,3788	0,3656

An windigen Tagen ist also der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre etwas geringer als bei Windstille.

Des Weiteren habe ich den Einfluss der Winde auf die Kohlensäure im Winter und im Sommer [2]) besonders untersucht, und gefunden, dass die Winde im Winter kohlensäurereicher sind als im Sommer; im Winter war nämlich das Mittel für windige Tage: 0,389, im Sommer bloss 0,378.

Es findet das seine natürliche Erklärung in den vorhergehenden Untersuchungen. — Im Winter gehen die Winde gewöhnlich mit Frost einher, im Sommer aber mit Regen; wie ich gezeigt habe, erhöht jener die Kohlensäure, dieser vermindert sie.

Ich dehnte meine Aufmerksamkeit auch auf die Windrichtungen aus und prüfte: ob wohl die zwei Hauptluftströme, der Passat und Antipassat, hinsichtlich der Kohlensäure einen Unterschied aufweisen. Das überaus interessante Ergebniss trachte ich in folgenden Durchschnittszahlen zu veranschaulichen:

---

[1]) Taf. II. Curve 5 zeigt die Winde nach den Mittheilungen der königl. meteorolog. Centralanstalt. Die Curvenhöhe bedeutet die Summe der täglichen drei Bestimmungen der Windstärke; die Höhe von 1 mm entspricht 1 Grad der Windstärke. — Die hinzu gezeichneten Buchstaben deuten die Windrichtungen nach englischer Nomenclatur an. E ist daher = East (Ost), S = South (Süd) u. s. w.

[2]) Winter = November bis April; Sommer = Mai bis October.

Digitized by Google

	Bei N, NE, E-Richtung	Bei S, SW und W-Richtung
1877	0,407	0,427 = + 0,020
1878	0,359	0,362 = + 0,003
1879	0,363	0,382 = + 0,019
im Mittel	**0,376**	**0,390 = + 0,014**

Der aus südlichen Gegenden eintreffende Wind ist also um ein Gutes reicher an Kohlensäure, als der vom Norden kommende, trotzdem bei ersterem der Umstand, dass er über dem Meeresspiegel zu uns kommt und auch bei uns gewöhnlich Regen bringt, seine Kohlensäure noch herabmindert, — während im Gegentheil der Umstand, dass er vom Festlande und aus frostigen Gefilden kommt, den Kohlensäuregehalt des Passatwindes noch vermehrt. Feuchtigkeit und Meeresfläche, andererseits Frost und Festland waren also nicht im Stande, den charakteristischen Unterschied zwischen Passat und Antipassat zu verwischen, obwohl jene Factoren die Kohlensäuredifferenz der zwei Windrichtungen gewiss bedeutend herabgedrückt haben. Ohne diese conträren Einflüsse wäre der Unterschied zu einem viel auffälligeren, grösseren angewachsen. Darüber wird uns folgende Zusammenstellung meiner Daten überzeugen, in der ich die verschiedenen Windrichtungen im Winter und Sommer[1]) gesondert anführe:

	Winter		Sommer	
	N-NE-E ±	S-SW-W ±	N-NE-E ±	S-SW-W ±
1877	0,411 —	0,431 +	0,404 —	0,424 +
1878	0,355 +	0,353 —	0,364 —	0,371 +
1879	0,387 —	0,398 +	0,339 —	0,365 +
Mittel	0,384 —	0,394 +	0,369 —	0,387 +

Diese Daten beweisen noch bestimmter, dass der Antipassat überhaupt kohlensäurereicher ist als der vom Norden kommende Passat, und speciell dass die Wirkung des Antipassats vorzüglich im Sommer bemerkbar ist, während sie im Winter durch den Einfluss des Frostes theilweise verwischt wird.

Ich behalte mir die Erörterung der Endursache dieser Erscheinung für unten vor.

---

[1]) Winter = November bis April; Sommer = Mai bis October.

Digitized by Google

g) Rolle des Bodens bei der Schwankung der atmosphärischen Kohlensäure.

Im Obigen habe ich die Menge und die Schwankungen der atmosphärischen Kohlensäure unter verschiedenen Verhältnissen und Umständen dargelegt. Es war zu sehen, wie die Kohlensäuremenge Tags und Nachts, Morgens und Abends, von einem Tag zum andern, im Sommer und Winter modificirt wird; wie sie bei Regen ab- und durch Frost zunimmt; wie der Barometerstand und die Windrichtungen auf sie einwirken. — Man muss gestehen, dass diese Naturkräfte für sich allein nicht ausreichen, um die fortwährende und regelmässige Schwankung der atmosphärischen Kohlensäure aufzuklären. Das nächtliche Dunkel oder die Luftbewegung, die Barometerschwankung oder die Sommerhitze verursachen in der Luft selbst keine solche Veränderung, welche die täglichen oder jahreszeitgemässen Schwankungen der Kohlensäuremenge mit sich bringen könnten; die Kohlensäuremodificationen aber, welche der Regen und der Frost erzeugen, sind an sich so gering und zwischen so enge Grenzen gebannt, dass auch diese keinenfalls als Ursachen der fortwährenden Schwankungen figuriren können.

Die Naturkraft, welche die atmosphärische Kohlensäure in ultima analysi regulirt, suchte Saussure in der Vegetation der Pflanzenwelt. Seiner Meinung nach käme die nächtliche Kohlensäurezunahme dadurch zu Stande, dass die Pflanzen des Nachts Kohlensäure exhaliren, während sie des Tags dieselbe aufnehmen. Diese Ansicht hat ihre allgemeine Herrschaft bis zum heutigen Tage erhalten. So erklärt auch Truchot [1]) die nächtliche Kohlensäurevermehrung aus dem Lebensprocess der Pflanzen.

Ich habe kaum nöthig, ausführlicher zu beweisen, dass dieser Lebensprocess zur Erklärung der Kohlensäureschwankungen ganz unzureichend ist. Schon Corenwinder hat nachgewiesen [2]), dass die Pflanzen nur an ihren ganz jungen Trieben, und auch hier nur in unbedeutendem Maasse und ungleichmässig, Kohlensäure ausströmen lassen. Ausserdem wissen wir auf Grundlage der beschriebenen Untersuchungen, dass die Kohlensäure eben im Herbst am höchsten steht, am meisten schwankt, zu einer Zeit also, wo die

---

[1]) Comptes Rendus 1873, II, 675. [2]) Déherain, Cours de chimie agricole; 1873, p. 34.

Digitized by Google

vegetativen Lebensvorgänge der Pflanzenwelt bedeutend herabgestimmt sind, wo auch junge Triebe am wenigstens existiren.

Andere Forscher, und besonders Schultze[1]), haben an das Meer gedacht, welches die Kohlensäure der über ihm schwebenden Atmosphäre reguliren sollte, wo dann die herrschenden Winde jene Atmosphäre nach allen Himmelsrichtungen vertheilen würden. Diese Idee kann jedenfalls jener Beobachtung zur Erklärung dienen, dass der vom Meere her wehende Wind in Rostock ärmer an Kohlensäure war als der vom Festlande wehende. Die See könnte thatsächlich im Stande sein, aus der sie bedeckenden Atmosphäre colossale Kohlensäuremengen aufzunehmen, die Kohlensäure dauerhaft zu vermindern. Doch würde diese Theorie eben die Hauptfrage noch unerklärt lassen, die nämlich: woher sich die im Gleichgewichte bleibende Kohlensäure in der Luft vermehrt?

Als Quellen der atmosphärischen Kohlensäure, mithin auch als Ursachen ihrer Vermehrung führt Schultze den Ausbruch von Vulkanen, die animalische Respiration, die Verwesung, die Verbrennung und „andere unbekannte Processe" an. Pettenkofer[2]) hingegen wirft anlässlich seiner Bodenluftuntersuchungen die Frage auf: ob wohl unter jene unbekannten Processe, welche die Kohlensäure der Luft vermehren, nicht auch die Kohlensäure der Bodenluft gehöre?

Ich sprach im Jahre 1875 anlässlich meiner in Klausenburg ausgeführten Bodenluftuntersuchungen die Meinung aus, dass die Atmosphäre ihre Kohlensäure in erster Reihe aus dem Boden erhalte, aus diesem Hauptherde der animalischen und pflanzlichen Verwesung, Oxydation[3]). Diesmal werde ich Gelegenheit haben, über jene Untersuchungen zu berichten, welche ich behufs wissenschaftlicher Klärung der Frage zu Budapest ausgeführt habe.

Ich kam zur Ueberzeugung, dass der namhafteste Regulator für die Schwankungen der atmosphärischen Kohlensäure der Boden selbst ist; dieser ist es, welcher in einem Falle die Abnahme der Kohlensäure bedingt, er ist es, der im anderen Falle die Zunahme erzeugt.

Um bezüglich der Rolle des Bodens gegenüber der atmosphärischen Kohlensäure entscheidende Beweise zu erhalten, habe ich zu breit angelegten Untersuchungen gegriffen.

---

[1]) L. c. S. 384. [2]) Zeitschr. f. Biol. 1871, S. 417.
[3]) Orvosi Hetilap 1875, und Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege. 1875, S. 228.

Digitized by Google

Von der Betrachtung ausgehend, dass, wenn der Boden wirklich einen Einfluss auf die Kohlensäure der Atmosphäre ausübt, dieser Einfluss in jener Luftschicht am augenscheinlichsten hervortreten müsse, welche dem Bodenniveau am nächsten liegt: habe ich die Kohlensäure unmittelbar an der Bodenoberfläche in Untersuchung gezogen, und sie mit der Kohlensäure erhöhterer Luftschichten verglichen [1]).

Zu diesem Zwecke habe ich an demselben Orte, wo die atmosphärische Kohlensäure in der Höhe von $2^1/_2$ m constant beobachtet wurde, im Hofe des chemischen Laboratoriums, die Luft auch $^1/_2$ bis 1 cm über dem Bodenniveau aufgefangen, in den Untersuchungskasten zur Pettenkofer'schen Barytröhre geleitet, und darin die Kohlensäure bestimmt [2]).

Die Analyse der Bodenniveauluft wurde vom Januar 1877 bis November 1879, die frostigsten Tage ausgenommen, täglich vorgenommen. Viele der erhaltenen Resultate, besonders vom Winter und Frühjahr, musste ich aber verwerfen, weil sie mit der unverlässlichen Brunner'schen Methode erzielt waren. Die Ergebnisse sind auf Tafel I. als Curve 2 verzeichnet, wo die Kohlensäuremenge der Bodenniveauluft abgelesen, und ihre Schwankungen mit denen der freien Atmosphäre bequem verglichen werden können.

Im Allgemeinen war die Kohlensäure der beiden Luftschichten nur selten dieselbe; die Bodenniveauluft zeigte Monate lang bald mehr bald weniger Kohlensäure als die erhöhtere Atmosphäre.

In dieser Richtung ist die folgende Zusammenstellung besonders lehrreich. Die Kohlensäure der beiden Luftschichten war in den einzelnen Monaten d. J. 1877 bis 1879 die folgende:

	1877		1878		1879	
	Bodenniveau	Höhe	Bodenniveau	Höhe	Bodenniveau	Höhe
Januar	0,478	—	0,303	0,372	0,332	0,371
Februar	0,425	—	0,337	0,364	0,279	0,366
März	0,229	0,450	0,369	0,356	0,248	—
April	0,155	0,398	0,385	0,334	—	—
Mai	0,462	0,413	0,522	0,388	0,394	0,347

[1]) Wolffhügel untersuchte in München ebenfalls die Bodenniveauluft und eine höhere Luftschicht auf Kohlensäure, vom 2. December 1874 bis Ende Juli 1875, nahezu täglich. Die Münchener Station hat sich aber wegen des geringen Kohlensäuregehaltes der Grundluft für diese Untersuchungen als ungeeignet erwiesen. Vgl. Zeitschr. f. Biologie, 1879, Bd. XV, Heft 1, S. 102.

[2]) Vgl. oben, S. 11.

Digitized by Google

	1877		1878		1879	
	Bodenniveau	Höhe	Bodenniveau	Höhe	Bodenniveau	Höhe
Juni	0,584	0,468	0,377	0,340	0,418	0,353
Juli	0,412	0,411	0,423	0,352	0,393	0,357
August	0,474	0,412	0,669	0,387	0,456	0,368
September	0,675	0,424	0,545	0,405	0,432	0,390
October	0,566	0,416	0,443	0,415	0,380	0,376
November	0,502	0,414	0,391	0,382	—	—
December	0,315	0,379	—	0,384	—	—

Ich denke, dass diese Tabelle klarer und bestimmter spricht als jede langwierige Erörterung. Sie zeigt, dass die Kohlensäure am Bodenniveau den grössten Theil des Jahres hindurch den Gehalt der höheren Luftschichten beträchtlich überragt, ferner dass dieselbe in den verschiedenen Jahreszeiten, Monaten, an der Oberfläche des Bodens noch viel bedeutender schwankt, als in höheren Luftschichten; besonders aber zeigt sie, dass in jener Schichte sowohl die Zu- als die Abnahme der Kohlensäure den Schwankungen der höheren Luftschichten vorangeht. Schon hieraus kann gefolgert werden, dass die Kohlensäuren der beiden Luftschichten im abhängigen Verhältniss zu einander stehen, und zwar in der Weise, dass die Bodenniveauschichte den Kohlensäuregehalt der höheren Schichten regulirt und bedingt. Noch besser wird das aus den folgenden detaillirten Betrachtungen hervorgehen.

Dass der Boden die Fähigkeit besitzt, die Kohlensäure der Atmosphäre zu vermindern, kann schon daraus gefolgert werden, dass die Bodenniveauschicht an gewissen Tagen, zu gewissen Zeiten ärmer an Kohlensäure ist, als die höhere Atmosphäre; es ist das der Fall an Regentagen, besonders aber im Frühling. Ich habe schon erwähnt, dass die atmosphärische Kohlensäure zu Regenzeiten abnimmt; jetzt kann auch die Ursache dieser Abnahme aufgesucht werden. Das Regenwasser konnte die verschwundene Kohlensäure nicht absorbirt haben, da es ein sehr geringes Absorptionsvermögen für Kohlensäure besitzt. Umsomehr konnte das aber der durchnässte Boden gethan haben. Ein einfaches Experiment kann uns davon überzeugen. Leitet man Luft durch 50 bis 100 ccm ausgekochten Wassers, sowie durch Boden, welcher mit demselben Wasser durchfeuchtet ist, so wird das erstere von der Kohlensäure der Luft nicht einmal $^1/_{10}$ ccm zurückhalten,

Digitized by Google

während letzterer sogar sehr viel davon bindet. So haben z. B. 300 g Sand, mit etwa 100 g gekochtem destillirtem Wasser befeuchtet, während der Aspiration von 10 l Luft[1]) von deren Kohlensäure 1,6 ccm gebunden. Bei demselben Verhältnisse könnte 1 l Wasser, auf den Boden gegossen, 16 ccm Kohlensäure binden, während dieselbe Wassermenge für sich kaum $^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$ jener Kohlensäuremengen absorbirt.

Dass der durchnässte Boden jener Factor ist, welcher die atmosphärische Kohlensäure absorbirt, dafür spricht auch die Erfahrung, dass die Kohlensäure am Bodenniveau im Frühjahre und am Ende des Winters am geringsten ist. Der Boden ist nämlich während des ganzen Jahres eben zu dieser Zeit am feuchtesten, besonders enthält er in den oberflächlichen Schichten das meiste Wasser. Zur selben Zeit existirt aber diese Feuchtigkeit, dieses Wasser in einem gas- und kohlensäurefreien Zustande und ist somit vorzüglich befähigt, die atmosphärische Kohlensäure zu binden.

Daher also der auffallend geringe Kohlensäuregehalt der Bodenniveauluft Anfangs Frühling sowie auch gegen Ende Winter.

Doch nicht allein im Frühjahre trägt der Boden zur Verminderung der Kohlensäure in der auf ihm lagernden Luft bei, sondern auch zu anderen Zeiten des Jahres. Man wird das leicht wahrnehmen, wenn man in den Curven 1 und 2 Tafel I., sowie Curve 1 Tafel II. den Kohlensäuregehalt der erhöhten und Bodenniveauluft mit den Regen vergleicht. Es ist dort zu sehen, dass einem grösseren Regen gewöhnlich eine Abnahme der Kohlensäure folgt, und zwar ist die Abnahme in der Bodenniveauluft gewöhnlich bedeutend grösser, als in der Höhe. Zur leichteren Erkenntniss dieses Sachverhaltes habe ich Mittelwerthe berechnet, welche die Kohlensäure vor und nach dem Regen ausweisen; um einen Vergleich zu ermöglichen, wiederhole ich hier auch die diesbezüglichen Daten aus der höheren Luftschicht:

	Bodenniveau			Höhe		
	vor dem Regen	nach dem Regen	±	vor dem Regen	nach dem Regen	±
1877	0,870[2])	0,666[2])	— 0,204	0,461	0,416	— 0,045
1878	0,443	0,405	— 0,038	0,386	0,353	— 0,033
1879	0,372	0,352	— 0,020	0,368	0,360	— 0,008
Mittel	0,562	0,474	— 0,088	0,405	0,376	— 0,029

[1]) Die Luft muss rasch durch den eingekühlten Boden geleitet werden, sonst entwickelt sich aus den organischen Substanzen des Bodens alsobald Kohlensäure, welche das Kohlensäureabsorptionsvermögen des feuchten Bodens leicht verdeckt. — [2]) Blos die Kohlensäure der Sommermonate.

Digitized by Google

Die Bodenniveauluft büsst also durch die Regen von ihrer Kohlensäure ein, und zwar bedeutend mehr als die höhere Luftschicht. Zur Regenzeit wird demnach die Absorption der Kohlensäure nicht so sehr in der Atmosphäre als an der Oberfläche des durchnässten Bodens vor sich gehen.

Dieselben Beobachtungsergebnisse verweisen auch darauf, dass die absorbirte Menge der Kohlensäure sehr bedeutend ist. Nach einem ausgiebigen Regen ist der Boden im Stande, aus der über ihm ruhenden Atmosphäre so viel Kohlensäure zu absorbiren, dass jene selbst noch in einer Höhe von $2^1/_2$ Metern durchschnittlich 0,029 ccm Kohlensäure pro Liter, also 29 ccm pro Cubikmeter einbüsst. Nimmt man nur 10 m Höhe für die Berechnung der absorbirten Kohlensäure an, so entfallen auf jeden Quadratmeter Bodenoberfläche im Durchschnitte 290 ccm nach dem Regen absorbirte Kohlensäure. So viel kann das auf dieser Oberfläche an einem Regentage niedergefallene Wasser allein (bei 10 mm mittlerer Regenmenge pro Tag, auf den Quadratmeter 10 Liter) unter keiner Bedingung in sich aufnehmen. Jene Kohlensäure konnte also bloss der Boden selbst absorbiren, dessen mineralische Bestandtheile die Neigung haben, Kohlensäure aufzunehmen und sich dadurch in Carbonate, besonders aber in Bicarbonate umzuwandeln und so in löslichere Modificationen zu gelangen.

Die auf besagte Weise durch den Boden absorbirte Kohlensäure hat also zweifellos auch für die chemischen Umwandlungen des Bodens und für das Pflanzenleben eine grosse Bedeutung. Die Fortspinnung der Frage in dieser Richtung liegt jedoch ausserhalb meines Fachkreises.

Wenden wir uns jetzt einer anderen Erscheinung zu und untersuchen wir die Rolle des Bodens bei der Vermehrung der atmosphärischen Kohlensäure.

Aus obigen (S. 41 bis 42) Monatsmitteln konnte entnommen werden, dass die Kohlensäure am Bodenniveau während des grösseren Abschnittes des Jahres bedeutend mehr ist, als in den höher gelegenen Luftschichten. Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, dass die höhere Atmosphäre ihre Kohlensäure aus der tieferen erhält, dass sie also unter dem Einflusse dieser steht.

Den entscheidenden Beweis werden wir diesbezüglich erhalten, wenn wir die Schwankungen der Kohlensäure in der Bodenniveau- und in der höheren Luft von Jahr zu Jahr, von Monat zu Monat,

Digitized by Google

von Tag zu Tag vergleichen, wie sie auf Tafel I. graphisch dargestellt erscheinen [1]). Es muss sogleich auffallen, dass in dem Maasse, als die Kohlensäure der Bodenniveauluft zu steigen anfängt, dies auch in der Höhenluft geschieht, und wie die erstere wieder zurücksinkt, nimmt die Kohlensäure auch in der Höhe ab. — Die grössten Schwankungen verlaufen in beiden Luftschichten mit einander parallel, immer jedoch so, dass der Kohlensäuregehalt in der Bodenniveauluft grösser ist, als in der höheren Luftschichte und dass die Zu- und Abnahme am Bodenniveau meistens um etwas früher eintritt als an der höheren Stelle. Besonders auffallend ist dieses parallele mit einander Schwanken z. B. am 8., 9., 13., 14. und 27. Mai 1877; der grosse Ausfall der Bodenniveaukohlensäure am Anfang Juli geht mit einer parallelen Verminderung in der höheren Atmosphäre einher; am 19. und 22. August verursacht die auffallend hohe Kohlensäure am Bodenniveau auch eine bedeutende Vermehrung in der Höhe; Mitte September: parallele Erhöhung in beiden Luftschichten, — eine gleiche Erhöhung in beiden am Anfang October, und Sinken beider vom Beginn des November. Anfangs April 1878 hoher Kohlensäurestand in beiden Luftschichten, darauf Verminderung ebenfalls in beiden. Um den 6. und 14. Mai ist die Kohlensäure an beiden Orten sehr erhöht, darauf gemeinschaftliches Sinken bis Mitte Juni. Ende August und Anfangs September sehr hoher Kohlensäuregehalt in beiden Luftschichten, — Ende September gemeinsamer Niedergang, Anfangs October aber wieder gemeinsamer hoher Stand. Parallele Zunahme der Kohlensäure den ganzen November hindurch und besonders auffallende Erhöhung am 7. December. Endlich ist die gemeinsame Schwankung von Mitte August 1879 angefangen unverkennbar, besonders am 17., 20., 21., 28. und 29., ferner am 4. und 7. September, gemeinsames Sinken am 12. bis 14., Erhöhung am 16. bis 17., gemeinschaftliche Erhöhung Ende September und Anfangs October, darauf Sinken; Ende October ist die gemeinsame Zunahme besonders auffallend, endlich erfolgt der Niedergang Anfangs November ebenfalls gemeinsam etc.

Es darf nicht daran gedacht werden, dass während dieser Schwankungen die höhere Luftschichte die Bodenniveauluft regulirt; es ist das unmöglich, weil (den bereits besprochenen Frühling ausgenommen) immer die Bodenniveauluft die kohlensäurereichere

[1]) Zur Vergleichung der Monatsmittel siehe die Tabelle auf Seite 41 bis 42.

Digitized by Google

war. Es wird also durch die weitere Erhöhung des Kohlensäuregehaltes dieser Luftschichte auch die Kohlensäurezunahme der höher gelegenen verursacht, während bei der Abnahme der Kohlensäure am Bodenniveau sehr bald auch die Höhenluft kohlensäureärmer wird.

Auch darf nicht eingewendet werden, dass diese Abhängigkeit der höheren Luftschichte von der Kohlensäure am Bodenniveau nur auf der Beobachtungsstation bestehe, dass die Höhenluft nur hier durch Bodenniveauluft verunreinigt wurde; ist ja doch die Höhenluft am Untersuchungsorte nicht abgeschlossen, sondern bewegt sich und circulirt ganz ungehindert, so sehr, dass füglich gesagt werden kann, die auf der Beobachtungsstation gefundene atmosphärische Kohlensäure entspreche dem mittleren Kohlensäurereichthume grösserer Complexe, um so mehr, als die im Hofe des chemischen Institutes beobachtete Kohlensäuremenge derjenigen vollkommen entsprechend war, die längere Zeit hindurch, mit jener parallel, in der Luft am Fenster des hygienischen Laboratoriums, also etwa auf 100 m Entfernung, bestimmt wurde.

Uebrigens habe ich auch besondere directe Untersuchungen darüber angestellt, ob auch anderswo, nicht bloss im chemischen Hofe, am Bodenniveau mehr Kohlensäure vorhanden ist, und wie sich dort die Kohlensäureschwankungen verhalten? Zu diesem Behufe habe ich von Mitte August bis Ende October 1877 von der ersten Station etwa 1600 Schritte entfernt — im Hofe der Üllöer Kaserne — gleichfalls die Kohlensäure der Bodenniveauluft untersucht. Die bei dieser Gelegenheit erhaltenen Kohlensäuremengen sind auf Tafel I. Curve 4 ersichtlich. Ein Vergleich mit den Kohlensäure-Curven der Bodenniveau- und Höhenluft im chemischen Hofe wird beweisen, dass auch an jener entlegenen Stelle die Kohlensäure am Bodenniveau gewöhnlich höher war, als in der höheren Luftschichte des chemischen Hofes; ferner ist wahrzunehmen, dass die Kohlensäure der Bodenniveauluft an jenem entlegenen Orte und im chemischen Hofe ganz gleichzeitige und übereinstimmende Schwankungen aufweist. So wurde z. B. am 17. und 18. August an beiden Orten eine mässige Kohlensäuremenge gefunden, am 19. steigt sie an beiden auffallend, am 20. bis 21. erfolgt ein paralleler Niedergang, am 22. ein beiderseitiger Sprung in die Höhe, am 23. übereinstimmendes Sinken, am 25. neuerliche Erhöhung, am 26. abermaliges Sinken der Kohlensäure an beiden Orten etc.

Digitized by Google

All das Gesagte erwogen, kann als Thatsache angenommen werden, dass die Kohlensäure der Bodenniveauluft auf grossen Complexen gleichmässige, parallele Schwankungen ausführt; ferner, dass die höheren Luftschichten aus der Bodenniveauluft Kohlensäure erhalten, dass also die Kohlensäureschwankungen in ihnen von dem Kohlensäuregehalte der tieferen Luftschichten abhängig sind.

Woher und auf welche Weise kommt die Bodenniveauluft zu dieser Kohlensäure?

Auf den ersten Blick wäre man vielleicht geneigt, anzunehmen, dass der Fäulniss- oder Verwesungsprocess an der Bodenoberfläche der sie bedeckenden Luftschichte unaufhörlich die Kohlensäure liefert, ihren Kohlensäuregehalt erhöht.

Es ist nicht zu bezweifeln, dass die Verwesung an der Bodenoberfläche fast ununterbrochen vor sich geht, also der Atmosphäre auch Kohlensäure überliefert; wenn man jedoch denkt, dass das die einzige Art der Erhöhung der Kohlensäure in der Bodenniveauluft wäre, so würde ein Umstand vernachlässigt, welcher diese Erklärung als unzulänglich erscheinen lässt, — der nämlich, dass die Kohlensäuremenge am Bodenniveau bedeutenden Schwankungen unterworfen, dass jene Menge von einem Tag zum anderen, ja sogar von der Nacht zum Tage überaus veränderlich ist. Die Fäulniss an der Bodenoberfläche kann keinen so fortwährenden und beträchtlichen Schwankungen ausgesetzt sein; wenn sie einmal durch die Wärme und Feuchtigkeit in Gang gebracht worden ist, wird sie unaufhaltsam fortschreiten, so lange Wärme und Nässe und die organischen Substanzen anhalten; mit ihrer Abnahme wird auch die Fäulniss abnehmen und endlich ganz sistiren. Jene Schwankung des Kohlensäuregehaltes der Bodenniveauluft kann also in jener Fäulniss oder Verwesung allein, welche an der Bodenoberfläche vor sich gehen, ihre Erklärung nicht finden.

Doch widersprechen dieser Erklärung auch noch viele andere Umstände. So z. B. die Erfahrung, dass die Kohlensäure der Bodenniveauluft auch im Winter [1]) bei gefrorener Oberfläche plötzlich empor springt, und zwar um ein Bedeutendes über den Kohlensäuregehalt der höheren Luftschicht; in diesem Falle kann das Plus

[1]) Z. B. am 11., 14., 18. Februar 1877, am 9., 20., 21. Januar, am 17., 20. Februar 1878, am 1., 4., 20., 26. Januar, und am 7. Februar 1879 u. s. w.

Digitized by Google

an Kohlensäure keineswegs von der Fäulniss an der Bodenoberfläche herrühren. Ferner widerspricht auch die Beobachtung, dass das Uebergewicht an Kohlensäure am Bodenniveau nicht im Frühjahr oder Sommer am bedeutendsten ist, — wo doch die Bodenoberfläche am reichlichsten Wärme und Feuchtigkeit erhält, sondern gegen Ende Sommer und im Herbst, zu einer Zeit also, wo die Erdoberfläche am trockensten ist und auszukühlen beginnt, — zu einer Zeit, wo höhere Temperatur und Feuchtigkeit, d. h. die Bedingungen der erhöhten Kohlensäureproduction nicht mehr an der Oberfläche, sondern in der Tiefe des Bodens vorhanden sind.

Woher erhält also die Bodenniveauluft den Ueberschuss an Kohlensäure und deren Schwankungen, wenn nicht von der Bodenoberfläche? Aus dem Inneren des Bodens, aus der Grundluft.

Wie allbekannt, ist die Grundluft sehr reich an Kohlensäure, um das Zehn-, ja Hundertfache reicher als die atmosphärische Luft. Was dürfte natürlicher sein, als dass, wenn die Grundluft in grösserer oder geringerer Menge an die Bodenoberfläche strömt, sie fähig ist, hier den Kohlensäuregehalt bedeutend zu erhöhen. Die Grundluft ist demnach vorwiegend im Stande, die Kohlensäure der Atmosphäre am Bodenniveau zu vermehren. Ob aber auch sie es ist, die das thut?

Jedenfalls. In der Nähe der Bodenniveauluft ist nur die Grundluft jene Kohlensäurequelle, welche reichliche Kohlensäuremengen zu liefern vermag, sie ist ferner auch jene Kohlensäurequelle, welche — je nachdem die Luft im Inneren des Bodens schwankt — die freie Atmosphäre in einer schwankenden, rasch veränderlichen Menge mit Kohlensäure versehen kann. Ausser ihr kennen wir keine andere Kohlensäurequelle in der Nähe des Bodenniveaus von der gleichen Ausgiebigkeit und Schwankungsfähigkeit.

Ausserdem weisen auch das Verhalten der am Bodenniveau beobachteten Kohlensäure, sowie die physikalischen Eigenschaften der Grundluft geradezu darauf hin, dass die Schwankungen dieser beiden einander nahe gelegenen Luftschichten auch von einander abhängig sind. So ist z. B. die Kohlensäure am Bodenniveau dann am meisten, wenn auch die Grundluft am kohlensäurereichsten ist. Man wird sich davon überzeugen, wenn man auf Tafel I. die Curven 2 und 3, welche die Kohlensäureschwankungen der beiden genannten Luftschichten ausdrücken, vergleicht. — Es ist dort zu sehen, dass Anfangs Juli 1877 beide eine enorme Erhöhung, dar-

Digitized by Google

auf ein bedeutendes Sinken aufweisen[1]); dann eine geringe parallele Erhöhung am Ende Juli und August; eine parallele Erhöhung im Mai 1878, und die Verminderung im Juni, dann eine neuerliche Erhöhung im Juli. Auffällig ist der hohe Kohlensäurestand beider im August und Anfangs September; parallel verläuft die Abnahme bis Mitte November, wo dann eine geringe Erhöhung eintritt. Im Jahre 1879 hatte zwar die auffallende Kohlensäurevermehrung der Grundluft im Juni und Juli nicht dieselbe Veränderung der Bodenniveauluft zur Folge, was ich vorläufig nicht im Stande bin zu erklären; doch ist auch in diesem Jahre, und zwar Ende August und Anfangs September, dann Ende September und Anfangs October, sowie Ende October und Anfangs November, eine parallele Erhöhung der Kohlensäure in beiden Luftschichten unverkennbar.

Die Bodenniveauluft zeigt ferner dann die meiste Kohlensäure, wenn die Grundluft — aus natürlichen Ursachen, die ich bei der Grundluft näher besprechen werde — am meisten fähig und geneigt ist, sich auf die Bodenoberfläche zu erheben, das ist im Herbst. Zu dieser Zeit setzt der ausgetrocknete Boden der Erhebung der Grundluft an die Oberfläche wenig Widerstand entgegen, und besitzt um diese Zeit die Grundluft, wegen der grössten Wärme des Bodens, vorzüglich die Neigung, in die abkühlende schwerere freie Atmosphäre auszuströmen. Hingegen wird die wenigste Kohlensäure am Bodenniveau im Frühjahre gefunden, als auch die Kohlensäure der Grundluft aufs Minimum herabfällt, als die Grundluft durch den feuchten Boden nur schwer auf die Oberfläche gelangen könnte, als sie wegen der niedrigeren Temperatur des Bodens auch kälter, schwerer ist als die freie Luft, und aus ihrer Lage schwerer verdrängt werden kann, als die warme Grundluft im Herbste.

Nach all dem Gesagten kann kaum bezweifelt werden, dass es die Grundluft ist, welche der am Bodenniveau stehenden Luft den erhöhten Kohlensäuregehalt liefert, dass sie es ist, welche letztere zeitweise mit Kohlensäure und anderen Bestandtheilen versetzt und verunreinigt.

Es wird nun nicht uninteressant sein, damit ins Reine zu kommen, auf welche Weise die Grundluft an die Erdoberfläche

[1]) Die Vermehrung der Kohlensäure am Bodenniveau geht zuweilen der Vermehrung in ein Meter Tiefe voraus. Diesmal konnte die Atmosphäre den Zuwachs an Kohlensäure bereits aus oberflächlicheren Bodenschichten als ein Meter erhalten haben, in denen die Kohlensäurevermehrung — naturgemäss — schon früher als in ein Meter Tiefe eingetreten sein konnte.

Digitized by Google

gelangt? Ob nur auf die Weise, dass die im Inneren des Bodens enthaltene kohlensäurereiche Luft einfach auf die Bodenoberfläche diffundirt, oder — zeitweise wenigstens — auch auf die Weise, dass die Grundluft, durch gewisse physikalische Kräfte in Bewegung gebracht, bald in grösserem oder kleinerem Maasse nach oben an die Bodenoberfläche strömt, bald wieder nach unten sinkt, so dass das Ausströmen nach dem Bodenniveau stockt?

Anlässlich meiner Grundluftuntersuchungen zu Klausenburg habe ich den Satz aufgestellt [1]), dass die Grundluft im Inneren des Bodens — durch gewisse Naturkräfte geleitet — zeitweise hin und her schwankt, bald nach oben strömt, bald stockt, in der Ruhe verbleibt, und sogar vielleicht nach unten dringt.

Von der Existenz dieser Erscheinung, von diesem Wogen der Grundluft, wird man sich später überzeugen können, wenn ich die physikalischen Verhältnisse der Grundluft erörtern werde. Es genügt hier, hervorzuheben, dass die Luftanalysen am Bodenniveau in unbezweifelbarer Form dasselbe beweisen.

Sollte nämlich die Grundluft und ihre Kohlensäure aus der fortwährend ruhenden Grundluft an die Oberfläche einfach emporddiffundiren, so müsste hier die Zunahme der Kohlensäure eine gleichmässige, eine constante sein; es dürfte höchstens auf die Einwirkung auffallender Naturkräfte, welche — wie z. B. Regen und Wind — die Diffusion modificiren, eine merkliche Veränderung eintreten. Die Sache verhält sich aber nicht so. In der Luft am Bodenniveau schwankt der Kohlensäuregehalt ununterbrochen, insbesondere steigt er zuweilen beträchtlich an, bald sinkt er, manchmal noch am selben Tage, oder in der nächstfolgenden Nacht, auf den Gehalt der Höhenluft herab.

Sehr lehrreich wird uns dies durch die folgende Tabelle veranschaulicht, auf der ich beispielsweise die im September 1877 an der Bodenoberfläche von Tag zu Tag, des Nachts und am Tage, beobachteten Kohlensäuremengen zusammengestellt habe:

Tag	Tageszeit (Tags-Nachts)	CO_2	Tag	Tageszeit (Tags-Nachts)	CO_2
1. September	T u. N	0,320	4. September	T	0,650
2. „	T u. N	0,340	4. „	N	0,300
3. „	T	1,620	5. „	T	0,312
3. „	N	0,560	5. „	N	0,579

[1]) Orvosi hetilap, 1875, und Vierteljahrsschr. für öffentliche Gesundheitspflege, 1875.

Digitized by Google

Tag	Tageszeit (Tags-Nachts)	CO_2
6. September	T	0,880
6. „	N	0,580
7. „	T	0,440
7 „	N	0,670
8. „	T	0,270
8. „	N	0,480
9. „	T	0,440
9. „	N	0,580
10. „	T	—
10. „	N	0,460
11. „	T	0,750
11. „	N	1,100
12. „	T	0,690
12. „	N	1,440
13. „	T	0,820
13. „	N	0,700
14. „	T	0,730
14. „	N	2,830
15. „	T	1,090
15. „	N	0,700
16. „	T	0,530
16. „	N	0,770
17. „	T	1,720
17. „	N	0,380
18. „	T	0,940
18. „	N	0,385
19. September	T	0,470
19. „	N	0,590
20. „	T	0,490
20. „	N	0,600
21. „	T	0,730
21. „	N	0,620
22. „	T	0,320
22. „	N	0,380
23. „	T	0,390
23. „	N	0,570
24. „	T	0,470
24. „	N	0,650
25. „	T	0,760
25. „	N	0,370
26. „	T	0,430
26. „	N	0,550
27. „	T	0,540
27. „	N	0,440
28. „	T	0,550
28. „	N	0,430
29. „	T	0,480
29. „	N	0,560
30. „	T	0,550
30. „	N	0,540
Mittel	T	0,641
	N	0,700

Ich könnte noch mehrere andere Monate als Beispiel anführen, wo die rasche Schwankung von einem Tage zum anderen, vom Tag zur Nacht sichtbar ist; doch begnüge ich mich anstatt dessen mit dem Beweis, den die Curve 2, Tafel I. liefert, wenn man darauf die Schwankungen, hauptsächlich das im Herbste jedesmal auftretende heftige Wogen der Kohlensäure in der Bodenniveauluft aufmerksam verfolgt. Die zu gewissen Zeiten besonders stark hervortretende Erhöhung und Abnahme der Bodenniveaukohlensäure, wie dies auf dieser Zeichnung besonders deutlich ins Auge fällt, lässt die Folgerung auf eine wogende Grundluftströmung gewiss viel eher zu, als auf eine fortwährende gleichmässige Diffusion.

Digitized by Google

Die Grundluft wirkt also auf die am Boden ruhende Luftschichte nicht bloss auf die Weise, dass sie beständig empordiffundirt, sondern auch dadurch, dass sie zeitweise (besonders im Herbst) in stärkerem Strome, in grösserer Menge hervortritt und die Atmosphäre mit ihrer Kohlensäure verunreinigt.

Die bisher erörterten Thatsachen — insbesondere aber das wechselseitige Verhältniss zwischen der Grundluft und der Atmosphäre am Bodenniveau — gelangen zu einer grossen Wichtigkeit, wenn man auf der so geebneten Bahn mit den Folgerungen weiter schreitet.

Nachdem man sich schon früher überzeugen konnte, dass die Kohlensäure der freien Atmosphäre unter der Einwirkung der Luftschicht am Bodenniveau steht, durch sie regulirt wird, so muss man jetzt in den Folgerungen bis dahin vordringen, dass die Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der freien Atmosphäre von denselben Ursachen abhängig sind, welche die Kohlensäure der Bodenniveauluft steuern. Auch die freie Atmosphäre wird also ihren Kohlensäurezuwachs — in der Mehrzahl der Fälle — aus dem Boden, speciell aus der Grundluft erhalten, welche sich ihr bald in langsamem Strome, bald in unregelmässigen Explosionen beimengt.

Desgleichen muss anerkannt werden, dass die Zunahme und Schwankung der Kohlensäure in der freien Atmosphäre im grössten Theil des Jahres anzeigt, dass die Atmosphäre mehr oder weniger Grundluft aufgenommen hat, dass sie durch letztere verunreinigt wurde.

Nachdem man so in die Haupt- und Fundamentalursache der Schwankungen im Kohlensäuregehalt der freien Luft einen bestimmteren Einblick gewonnen hat: wird es auch gelingen, das Zustandekommen und die Mechanik der unter verschiedenen Umständen, in verschiedenen Verhältnissen beobachteten Kohlensäureschwankungen aufzufassen und zu erklären. Es ist jetzt mit Bestimmtheit erkannt worden, dass alles, was das Absorptionsvermögen des Bodens für Kohlensäure erhöht, zu einer Verminderung der Kohlensäure in der Atmosphäre führen wird; und vice versa wird alles eine Vermehrung des Kohlensäuregehaltes der Atmosphäre zur Folge haben, was die Kohlensäureproduction im Boden, sowie das Ausströmen der Grundluft befördert.

Digitized by Google

So ist nun die Kohlensäure der Atmosphäre im Frühjahr deshalb am geringsten, weil dann auch die Kohlensäure der Bodenluft am niedrigsten steht, — weil zur selben Zeit der feuchte Boden der Grundluft nicht einmal gestattet, emporzuströmen, — weil dann die Grundluft, ob ihres grösseren Gewichtes, nicht einmal geneigt ist, sich auf die Oberfläche zu erheben; mit einem Worte, weil im Frühjahr keine Grundluft die Atmosphäre verunreinigt. Dazu tritt noch der Umstand, dass das durch den Winterfrost ihrer Gase beraubte Wasser im Frühjahr in den oberflächlichen Bodenschichten einen Theil der Kohlensäure aus der Grundluft, wie aus der Atmosphäre absorbirt.

Ganz natürlich wird jetzt auch das erscheinen, dass die Atmosphäre im Herbste den höchsten Werth und die heftigsten Schwankungen im Kohlensäuregehalt aufweist, weil die Grundluft im Herbst am kohlensäurereichsten ist, — zu dieser Zeit durch den trockenen Boden am leichtesten aufwärts strömen kann, — weil diese Strömung durch die Wärme der Grundluft am meisten begünstigt wird, — kurz weil die Grundluft eben im Herbst am meisten in die freie Luft aufsteigt.

Auf dieselbe Weise kann die Schwankung der Kohlensäure am Tage und in der Nacht erklärt werden. Nachts wird die wärmere Grundluft leichter in die kalte Atmosphäre ausströmen, als es am Tage die kältere Grundluft in die warme Atmosphäre thun könnte; die freie Luft wird also Abends und des Nachts durch Grundluft mehr verunreinigt, als am Tage. Dass die nächtliche Kohlensäure besonders im Herbste so hoch steht, im Frühjahr aber am Tage mehr Kohlensäure in der Luft enthalten ist, als in der Nacht, kann ebenfalls sehr gut erklärt werden, wenn man bedenkt, dass im Herbste besonders die Nächte kühl sind, um diese Zeit also die Atmosphäre am leichtesten warme Grundluft austreiben kann; im Frühjahr hingegen wird weder am Tage noch in der Nacht viel Grundluft heraufströmen können, es wird sogar zu dieser Zeit — wo wenigstens am Tage die oberflächliche Bodenschichte sich durchzuwärmen und in Verwesung zu gerathen beginnt — die Atmosphäre vom Boden eher am Tage etwas Kohlensäure gewinnen, und nicht in der Nacht.

Es war zu sehen, dass die atmosphärische Kohlensäure besonders im Sommer nach dem Regen zunimmt. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung darin, dass unter der Einwirkung des Regens in dem sonst schon warmen Boden die Fäulniss um so heftiger beginnt.

Digitized by Google

Auch der Wind bringt vom Festlande her deshalb mehr Kohlensäure als vom Meeresspiegel her, weil er über Bodenflächen hinwegstreicht, aus denen er Kohlensäure austreibt und mit sich fortreisst, während der Seewind dazu keine Gelegenheit hat.

Desgleichen kann auch der Süd- und Südwestwind (Antipassat) kohlensäurereicher sein als der Nord- und Nordostwind (Passat), weil er aus Gegenden kommt, in denen, ob der grösseren Wärme und Feuchtigkeit, die Verwesung und Kohlensäureproduction im Boden eine ausgiebigere sein kann, als bei uns oder in den noch nördlicher gelegenen Gegenden. Diese Erklärung findet in den Sauerstoffuntersuchungen von Jolly[1]) eine sehr glückliche Unterstützung. Dieser Forscher hat den Sauerstoff in der Luft von München längere Zeit hindurch untersucht und gefunden, dass dieser Luftbestandtheil nicht eben unbedeutenden Schwankungen unterworfen ist. Das atmosphärische Oxygen zeigte 1877 unter 21 Versuchen als Maximum 21,01, als Minimum 20,53; während in 1875/76 mit einer anderen Methode ausgeführte 46 Bestimmungen als Maximum 20,96, als Minimum 20,47 Proc. ergaben. Der höchste Sauerstoffgehalt ward, in beiden Untersuchungsreihen, während der Dauer der Passatwindrichtung beobachtet, der niedrigste aber zur Zeit des Antipassat oder Föhn. Vergisst man nicht, dass bei der Fäulniss im Boden im selben Maasse Sauerstoff verbraucht als dafür Kohlensäure producirt wird: so muss man zugeben, dass diese Daten mit meinen Kohlensäureuntersuchungen vollkommen übereinstimmen, in denen ich, wie bereits erwähnt, bei der Antipassatwindrichtung eine Kohlensäurezunahme, bei der Passatrichtung hingegen eine Abnahme beobachtet habe.

Auf dieser Grundlage ist es also wahrscheinlich, dass eine starke Antipassatströmung, welche vielleicht aus Südamerika zu uns käme, an ihrem hohen Kohlensäure- und niedrigen Sauerstoffgehalte eventuell ebenso erkennbar wäre, als an den Diatomeen und dem Meteorstaub[2]).

---

[1]) Die Veränderlichkeit in der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft; Ph. v. Jolly; Abth. d. Königl. bayr. Akad. d. Wissenschaft. II. Cl. XIII. Bd. II. Thl.

[2]) Während ich diese Zeilen zum Druck vorbereitete, kamen mir zwei hierher gehörige Abhandlungen zu Händen, auf die ich in Kürze zu reflectiren wünsche. Marié-Davy weist auf Grundlage der am Montsouris ausgeführten Kohlensäurebestimmungen nach (C. R. 1880, 5. janvier), dass in Paris in den Jahren 1876 bis 1879 der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre bei Nord- und Nordostwinden durchschnittlich niedri-

Digitized by Google

Endlich ist auch die durch die Luftdruckschwankungen im Kohlensäuregehalt der Atmosphäre bewirkte Veränderung auf Grundlage des Gesagten leicht zu erklären. Im Winter pflegt der zunehmende Luftdruck mit kalten, trockenen Nordwinden einherzugehen und Frost zu bringen, die insgesammt die atmosphärische Kohlensäure leicht erhöhen können, — während der sinkende Luftdruck Süd- oder Südwestwind mit Thauwetter und Regen anzeigt, welche im Winter die Kohlensäure herabsetzen. Im Sommer verhält sich die Sache entgegengesetzt. Es wird nämlich der sinkende Luftdruck, wenn er zu Regen führt, die Fäulniss beschleunigen und hierdurch zur Vermehrung der Kohlensäure in der Atmosphäre beitragen; bringt er keinen Regen, so strömt die Grundluft an die freie Oberfläche des Bodens, und bewirkt hier ebenfalls eine Zunahme der Kohlensäure. Ein Ausströmen der Grundluft aus dem Boden bei sinkendem Luftdruck wurde schon früher von Vogt[1]) auf theoretischer, und von mir auf experimenteller Grundlage behauptet[2]). Bei sinkenden Barometerstand vermindert sich nämlich der Druck, dem die Grundluft im Boden unterworfen ist, und nun dehnt sie sich aus und tritt auf die Bodenoberfläche.

---

ger, bei Süd- und Südwestwinden aber höher war. Seit 1876 ist der Kohlensäuregehalt von Jahr zu Jahr stetig im Steigen begriffen, dem entsprechend, dass die während dieser Zeit vorherrschende — Regen und Missernten verursachende — nördliche und nordöstliche Luftströmung in neuerer Zeit in eine südliche und südwestliche umzuschlagen beginnt, was zu der Hoffnung auf trockenere Witterung und bessere Ernten berechtigt. Ich brauche kaum zu sagen, dass diese Pariser Beobachtungen im Grunde mit meinen eigenen Untersuchungen übereinstimmen, sowie dass diese Forschungen uns auch zur Erklärung der Pariser Beobachtungen den Schlüssel in die Hand geben.

Professor Morley (American Journal of Science and Arts 1879, Nr. 105, im Auszug mitgetheilt im Centralbl. f. Agriculturchemie. 1880, März) bezweifelt, dass die Zu- und Abnahme des atmosphärischen Sauerstoffs durch die Windrichtung verursacht wird. Er glaubt vielmehr, dass zuweilen kalte Luftströme aus den höheren Luftregionen zur Erdoberfläche herabsinken, und dass dann der Sauerstoff in der Luft abnimmt, weil jene hohen Luftschichten sauerstoffärmer wären als die tiefer gelegenen. Meiner Ansicht nach hat diese Auffassung weniger Berechtigung als die von Jolly; es ist wahrscheinlicher, dass die Menge des atmosphärischen Sauerstoffs von dem Einfluss der äquatorialen und polaren Windrichtungen abhängt, als dass sie durch die senkrechten Luftströmungen regulirt werde. Die Kohlensäureanalysen verweisen nämlich ganz bestimmt darauf, dass solche Windrichtungen die Zusammensetzung der Luft modificiren, während uns zur Annahme der senkrechten Luftströmungen, zur Erkenntniss ihres Einflusses, die Angaben zur Zeit gänzlich fehlen.

[1]) Vogt, Trinkwasser und Bodengase. Basel 1874.

[2]) Orvosi Hetilap, 1875 u. Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. 1875.

Digitized by Google

Die folgenden Daten sprechen sehr entschieden für die Richtigkeit dieser Auffassung. Aus den Jahren 1877, 1878 und 1879 habe ich die Kohlensäuremenge am Bodenniveau an 224 solchen Tagen zusammengestellt, an denen sich der Luftdruck bald um ein Bedeutendes erhöhte, bald verminderte, und zwar that ich es gesondert für die Sommer- und Wintermonate[1]); diesen gegenüber stelle ich die Kohlensäure der Höhenluft an denselben Tagen (s. S. 36); das Ergebniss ist auf der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Kohlensäuregehalt der Luft			
	am Bodenniveau		in der Höhe	
	Winter ±	Sommer ±	Winter ±	Sommer ±
Zunahme des Luftdrucks	0,317 —	0,416 —	0,410 +	0,380 —
Abnahme „ „	0,330 +	0,492 +	0,378 —	0,395 +

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dass, wie in der freien Atmosphäre, so auch am Bodenniveau die Kohlensäure im Sommer bei sinkendem Luftdruck bedeutend zunimmt, es erhellt auch, dass diese Zunahme am Bodenniveau um vieles bedeutender ist, als in der höheren Luftschichte, was wieder nur dafür spricht, dass letztere unter dem Einflusse der am Bodenniveau verlaufenden Schwankungen, also der Grundluftströmungen steht.

Mit einem Worte: die atmosphärische Kohlensäure und ihre Schwankungen sind in erster Reihe ein Product des Bodens und der in ihm verlaufenden Zersetzungsprocesse, und deshalb gleichzeitig der Index für die Verunreinigung der Atmosphäre mit solchen Zersetzungsproducten.

Die Kenntniss dieser — um so zu sagen — Physiologie der Luft besitzt nicht nur vom naturwissenschaftlichen, sondern auch, und ganz besonders, vom hygienischen Standpunkte die grösste Wichtigkeit. Die Gesundheitslehre ist längst überzeugt, dass der Boden, insbesondere dessen Verunreinigung und Fäulniss die Entwickelung gewisser, hauptsächlich epidemischer Krankheiten beeinflusst; sie ist auch davon überzeugt, dass der verunreinigte Boden diesen Einfluss unter Anderem durch Vermittelung der Grundluft zur Geltung bringen kann; bisher war sie aber wahrlich sehr wenig in der Lage, die schädliche Wirkung des Bodens und vor-

[1]) Winter = November bis April; Sommer = Mai bis October.

Digitized by Google

nemlich der Grundluft, auf directem Wege prüfen, studiren zu können.

In meinen Darlegungen sind, denke ich, die Mittel und Wege zur Ausführung diesbezüglicher Untersuchungen geliefert. Wenn wir nämlich das Verhalten der Kohlensäure in der Bodenniveauluft oder auch nur in einer höheren Luftschicht mit Aufmerksamkeit verfolgen, werden wir in den Stand gesetzt, zu erkennen, wann, zu welcher Zeit und in welchem Maasse sich die Grundluft der freien (atmosphärischen) Luft beimengt, wann diese durch Zersetzungsproducte der Grundluft verunreinigt wird. Schreitet man auf dieser Grundlage fort, so wird man demnächst vergleichen können, ob und welchen Zusammenhang die Verunreinigung der Atmosphäre durch Grundluft mit Infectionskrankheiten aufweist?

In dieser Weise ist also die fortwährende und aufmerksame Untersuchung der atmosphärischen Kohlensäure nicht mehr bloss eine rein chemische, sondern auch, und noch vielmehr eine hygienische Frage.

Die durch Grundluft verunreinigte Atmosphäre und die Infectionskrankheiten.

Ich werde an einer anderen Stelle die Frage erörtern, welches die wissenschaftlichen Beweise sind, auf deren Grundlage angenommen werden kann, dass die Grundluft beim Zustandekommen infectiöser Krankheiten eine Rolle innehat. Als kostbarster Beweis wird derjenige erscheinen, dass von der Malaria und vom Gelbfieber besonders jene Individuen heftig inficirt zu werden schienen, welche aus gewissem frisch aufgegrabenen Boden entweichenden Dunst und Gase einathmeten. Desgleichen wird ersichtlich sein, dass einige epidemische Krankheiten während ihrer Entwickelung und Verbreitung an einem Orte solche Schwankungen aufweisen, welche Verdacht auf den in grösserer Ausbreitung plötzlich hervorbrechenden, dann wieder entfliehenden Infectionsstoff erregen, also auf eine Bewegung jenes Infectionsstoffes, wie sie im Grundwasser, in der Fäulniss und in anderen Verhältnissen des Bodens weit weniger, als in der Strömung seiner Atmosphäre, der Grundluft, zu finden ist. Andere, directe Beweise, um zu bekräftigen, dass die Grundluft Einfluss auf die fraglichen Epidemien ausübt, besitzen wir zur Zeit noch gar nicht. Es ist also heute noch die

Digitized by Google

Aufgabe der wissenschaftlichen Forschung, die Infectionsfähigkeit der Grundluft, ihren Zusammenhang mit der Ausbreitung epidemischer Krankheiten klar zu stellen.

Nägeli hat einen Schritt zur Forschung in dieser Richtung gethan. Er stellte darüber Versuche an, ob wohl von der Oberfläche befeuchteten Bodens, wenn Luft durchaspirirt wird, Bacterien entweichen oder nicht? und er fand, dass die Nährflüssigkeit, durch die er die aus dem befeuchteten faulenden Boden aspirirte Luft leitete, ganz klar und unverändert blieb. Daraus folgerte Nägeli, dass von der feuchten Bodenoberfläche oder aus dem feuchten Inneren des Bodens mit der Grundluft keine Bacterien entweichen können, dass also von der Bodenoberfläche nur dann Bacterien in die Luft gelangen, wenn der Boden trocken ist und der Wind die Bacterien als Staub emporwirbelt.

Der Nägeli'sche Versuch kann durch Jedermann wiederholt werden; man kann sich überzeugen, dass die Luft, wenn sie in gemässigtem Strom aspirirt wird, keine Bacterien von der Oberfläche einer feuchten Bodenprobe fortreisst. Wiederholte Versuche haben mir wenigstens dieses Ergebniss geliefert. Andere Erfahrungen machte ich über den Boden im Freien.

Im November 1878 exponirte ich im chemischen Hofe die Nährflüssigkeit unter folgenden Cautelen. Ein weites Glasrohr wurde etwa 5 cm tief in den frisch aufgelockerten feuchten Boden gestochen, und in das Rohr eine gewöhnliche Eprouvette gebracht, in die ausgekochte Ichthyocollalösung gefüllt wurde und die mit einem an langem Glasstabe befestigten Wattepfropf bacteriendicht verschlossen war. Die Eprouvette stand auf dem lockeren Boden, während der Glasstab an der oberen Oeffnung des weiten Glasrohres herausragte, welche hier ebenfalls um den Glasstab mit Watte verschlossen war. Das weite Glasrohr sammt seinem Watteverschluss, sowie die Eprouvette mit ihrem Wattepfropf und der Glasstab wurden vor der Einstellung in den Boden gut ausgeglüht, nach der Einstellung aber wurde mit einem durch den Boden in das Innere des weiten Glasrohres führenden Bleirohre längere Zeit hindurch Wasserdampf eingeleitet und so der ganze Apparat organismenfrei gemacht. Nach dem Erkalten wurde die Oeffnung der Eprouvette durch langsames Herausziehen des Glasstabes befreit. Wenn aus dem Boden lebensfähige Organismen entweichen, so müssen sie auch in das weite Glasrohr gelangen, da durch seine bloss mit Watte verschlossene obere Oeffnung die Luft frei verkehren kann; gelangen aber die Organismen einmal in das weite

Digitized by Google

Rohr, so können sie auch in das offenstehende Gefäss, in die Nährflüssigkeit fallen. Ich verfolgte nun das im weiten Rohre eingeschlossene Nährungsrohr vier Monate lang mit Aufmerksamkeit[1]; es blieb klar und unverändert. Da trat Anfangs März plötzlich ein kleiner grauer Fleck an der Innenwand der Eprouvette auf und breitete sich stetig aus. Jetzt wurde durch Herabdrücken des Glasstabes die Eprouvette verschlossen und in das Laboratorium gebracht, einer gelinden Wärme ausgesetzt. Aus dem grauen Fleckchen entwickelte sich binnen wenigen Tagen ein beträchtlicher Schimmelrasen. Die mikroskopische Untersuchung ergab ausser einem hyalinen Mycelnetz keine Formelemente.

Dieser Versuch lässt es als sehr wahrscheinlich erscheinen, dass Organismen — obwohl sehr schwierig — doch auch ohne Einfluss des Windes von der Bodenoberfläche entweichen können. Noch mehr wird das durch meine später zu beschreibenden Versuche bewiesen, bei welchen ich beobachtete, dass Bacterien- und Schimmelkeime in die Ichthyocollalösung, welche in der Höhe exponirt war, sehr häufig selbst an solchen Tagen fielen und sich darin fort entwickelten, wenn Wochen hindurch Regen und Schnee gefallen war, wo also der Boden überall gewiss sehr feucht und die Luft ausgewaschen sein musste[2].

Aber selbst in dem Falle, als ich gar keine Organismen erhalten hätte, würde ich beim gegenwärtigen bescheidenen Stande unserer Kenntnisse es nicht wagen, zu behaupten, dass, nachdem aus feuchtem Boden durch Hindurchsaugen von Luft keine Bacterien zu erhalten sind, von dort überhaupt keine Infectionsstoffe mit der Grundluft entweichen können. Wir wissen nämlich nicht, ob bei der Infection die Bacterien selbst in natura, oder aber jene Producte thätig sind, welche bei ihrer Entwickelung im verunreinigten, inficirten Boden entstehen, und welche eventuell flüchtiger sein können als die Bacterien selbst.

Unter diesen Verhältnissen fällt eine um so grössere Berechtigung solchen Untersuchungen zu, welche im Stande sind, jene Frage direct zu entscheiden, ob die dem Boden entströmende

---

[1]) Der ganze Apparat wurde mit einem Holzkasten vor dem Regen geschützt.

[2]) Miflet aspirirte mittelst einer in den Boden versenkten Zinnröhre Grundluft aus 2 Fuss Tiefe, und leitete sie durch eine Nährflüssigkeit. Es entwickelten sich hier bald darauf Bacterienschwärme. Vergl. F. Cohn's Beiträge z. Biolog. d. Pflanzen; III. Bd., 3 Heft, S. 134.

Digitized by Google

Grundluft, und ob die mit Grundluft inficirte Atmosphäre einen Einfluss auf die Entwickelung und Verbreitung der Infectionskrankheiten ausübt?

Diese Frage zu beantworten, werden mit der Zeit jene Versuche berufen sein, welche ich im Obigen proponirt habe, nämlich die ununterbrochene Beobachtung der atmosphärischen Kohlensäure.

Wenn ich meine eigenen diesbezüglichen Forschungen überblicke, so kann ich hinsichtlich der baldigen Erreichbarkeit des Erfolges keine besonders sanguinische Hoffnungen hegen. Trotzdem schrecke ich vor der weiteren beschwerlichen Arbeit nicht zurück; denn ich weiss recht wohl, dass eine dreijährige Beobachtung — zudem noch in einer Zeit, wo sich die epidemischen Krankheiten eben sehr sanft verhielten — schlechterdings unzureichend ist, um ein so verborgenes Naturgesetz zu ergründen, wie es die Frage von der Existenz oder Nichtexistenz eines Zusammenhanges zwischen der Verunreinigung der Luft mittelst Bodengase und der Verbreitung der Infectionskrankheiten ist.

Auf Tafel I. und III. kann die Verunreinigung der Atmosphäre durch Grundluft mit dem Verhalten verschiedener Infectionskrankheiten für die Jahre 1877, 1878 und 1879 verglichen werden, und zwar zeigt erstere die täglichen Kohlensäureschwankungen der freien Luft, sowie der Bodenniveau- und Grundluft, die letztere aber die Morbidität und Mortalität der wichtigsten Infectionskrankheiten in den Jahren 1877, 1878 und 1879 [1]).

Bei einer aufmerksamen Durchmusterung der Tafel I. wird man allsogleich bemerken, dass während jener drei Jahre das Ausströmen der Grundluft in die Atmosphäre am massenhaftesten in 1877, am mässigsten in 1879 erfolgte. Ferner kann bemerkt werden, dass jenes Ausströmen im Herbste am bedeutendsten, zu Beginn des Frühjahres am geringsten, zu letzterer Zeit gewöhnlich nicht einmal bemerkbar ist. Auch muss auffallen, dass die Kohlensäureschwankungen, in Folge des Ausströmens der Grundluft von Tag zu Tag, während der drei Jahre ebenfalls ungleich sind; die grösste erwies sich in 1877, die geringste in 1879. Endlich kann der Aufmerksamkeit nicht entgehen, dass auch diese Schwankung im Herbst am bedeutendsten, zu Anfang Frühjahr und im Winter am geringsten war.

---

[1]) Auf dieser Tafel bedeutet jeder Millimeter einen Erkrankungs- resp. Todesfall am betreffenden Tage.

Digitized by Google

Die Mortalitätsdaten der Tafel III. wurden aus den Todescertificaten, welche die Todtenbeschauärzte über jeden Fall an das hauptstädtische Oberphysikat resp. statistische Bureau einsenden, notirt und enthalten die Todesfälle der linken (pester) Uferseite der Hauptstadt Budapest. Diese Daten sind also vollständig und pünktlich. Die Morbiditätsziffern habe ich bloss aus den grossen Spitälern gesammelt, und zwar enthalten sie alle im allgemeinen Krankenhause zu St. Rochus und im Kinderhospitale bettlägerig und ambulatorisch und die in den zwei grossen Garnisonspitälern (Rákos, und Christinenstadt) bettlägerig behandelten Kranken.

Die Angaben über Morbidität haben also bloss auf einen Theil der Bevölkerung Bezug, auf jenen nämlich, der in den genannten Spitälern verkehrt, und zeigen also die Morbidität der ganzen Stadt bloss mit statistischer Wahrscheinlichkeit an. Eine grosse Schwierigkeit bot sich der Zusammenstellung dieser statistischen Daten dadurch, dass, von Mitte bis Ende 1878, der grösste Theil des Militärs mobilisirt war und die Hauptstadt auch verliess, während andererseits vom Kriegsschauplatz viele Kranke hierher transportirt wurden. Bei den Kranken, welche in diesem Zeitraume in den Militärspitälern behandelt wurden, war es nicht einmal in jedem Falle nachzuweisen, ob sie hier erkrankten oder bereits krank aus Bosnien eintrafen. Deshalb habe ich im Juli bis December 1878 vorgezogen, die erkrankten Militärs überhaupt wegzulassen. Dieser Umstand muss bei der Uebersicht und Vergleichung der graphischen Tafeln besonders berücksichtigt werden.

Es scheinen überhaupt nur drei Krankheitsformen zur Vergleichung mit der Verunreinigung der Atmosphäre durch die Grundluft geeignet zu sein: der Typhus (T. abd.), das Wechselfieber und der Darmcatarrh (Enteritis); die übrigen Krankheiten sind in verhältnissmässig zu geringer Zahl vorgekommen.

Auch der Typhus war nur von März bis Juli 1877 epidemisch; später wurde er nur sehr spärlich beobachtet. Diese Epidemie fällt damit zusammen, dass die Bodenluft um diese Zeit einen sonst nicht beobachteten Kohlensäuregehalt aufwies.

Wenn man die beiden Curven näher vergleicht, so wird man noch mehr Uebereinstimmendes finden. So ging die Vermehrung der Typhusfälle am 7., 12., 18., und 27. März mit der Erhöhung der Bodenniveaukohlensäure einher, desgleichen am 1. April; am 8. April hingegen fällt der heftige Typhus mit einer Verminderung der Kohlensäure der Bodenniveauluft zusammen. Bis zum Ende dieses Monates laufen wieder beide Curven parallel und steigen

Digitized by Google

Anfangs Mai gemeinsam an. Besonders ist wahrzunehmen, dass der Typhus um den 6. ungewöhnlich hoch steht; die Kohlensäure vom 5. bis 8. ebenfalls. Eine starke Erhöhung zeigen beide am 4. Juni, auch am 16. bis 19. stehen beide hoch; von hier an hört die Uebereinstimmung wieder auf. In den ersten Julitagen stehen wieder beide sehr hoch; darauf verschwindet aber der Parallelismus und hört überhaupt der epidemische Charakter der Krankheit auf.

Eine noch mehr hervortretende Uebereinstimmung findet zwischen dem Kohlensäuregehalt der Bodenniveauluft und dem Wechselfieber statt. Malariafälle zeigten sich im August bis November 1877 in grosser Zahl; auf dieselbe Zeit fällt auch ein sehr hoher Stand der Kohlensäure. Dann nahmen die Erkrankungen — den Januar 1878 ausgenommen — bis zum Frühjahre stetig ab, um jetzt — besonders im April, Mai und Juni — häufiger zu werden; damit parallel nahm auch die Kohlensäure ab und stieg dann ein wenig im Januar, noch mehr im Mai. Endlich kann eine grössere Morbidität im August und September 1879 beobachtet werden, zu welcher Zeit auch die Bodenniveaukohlensäure am höchsten steht und am bedeutendsten schwankt.

Die meiste Uebereinstimmung kann wahrgenommen werden, wenn man die Curven der Kohlensäure und des Wechselfiebers von Tag zu Tag verfolgt. Am 4. Mai 1877 z. B. ist eine starke Erhöhung an beiden bemerkbar, am 20. bis 21. eine starke Abnahme. Am 3. Juni nehmen beide parallel ab, am 4. bis 5. wieder zu; desgleichen fällt auf die Monatsmitte eine parallele Zunahme, welcher eine Abnahme folgt. Am Ende des Monates stimmen die Curven nicht überein. Am 27. Juni starke Zunahme beider, desgleichen Ende Juli, am Anfang und im letzten Drittel des August, im ersten und zweiten Quartal des September; — im 3. und 4. Quartal ist jedoch keine Uebereinstimmung bemerkbar. Anfangs October findet man wieder beide Curven parallel verlaufend; hierauf und im November aber weichen sie von einander ab. Im Januar und Mai 1878 verlaufen beide Curven parallel, besonders im letzteren Monate sind am 1. bis 5., 10. bis 15. und am 23. beide erhöht, am 29. sinken sie beide und erheben sich am 30. bis 31. neuerdings. Endlich ist am 1. und um den 5. August 1879 eine parallele Zunahme, darauf, besonders um die Mitte des Monates, eine Abnahme zu erkennen; jetzt folgt wieder eine übereinstimmende Erhöhung unter starken Schwankungen und eine parallele Abnahme gegen Ende des Monates. Eine bedeutende Erhöhung beider Curven am 1. bis 10., sowie am 15. bis 25. September etc.

Digitized by Google

Es scheint mit einem Worte unzweifelhaft, dass sowohl der Typhus als — und insbesondere — das Wechselfieber, im Allgemeinen als auch in den Details, mit den Schwankungen der Kohlensäure in der Bodenniveauluft ziemlich häufig parallel verlaufen. Trotzdem ist es vor der Zeit, schon hieraus auf den causalen Zusammenhang der beiden Naturerscheinungen zu folgern. Die Daten dieser etlichen Jahre und ihr wahrnehmbares Zusammentreffen sind bloss eine Erscheinung, danach angethan, um einstweilen zur Fortführung der Forschungen anzuspornen.

Der Darmcatarrh (Enteritis) weist gar keinen wahrnehmbaren Zusammenhang mit den Kohlensäureschwankungen auf.

Digitized by Google

Anhang.

Einströmen der Grundluft in die Wohnungen.

Aus den bisherigen Untersuchungen hat sich ergeben, dass die Atmosphäre zeitweise durch die dem Boden entströmende Grundluft verunreinigt wird. Diesen Untersuchungen sehr nahe gelegen ist das Aufwerfen und die Lösung der Frage: ob die Grundluft zeitweise nicht auch in die Wohnungen eindringt?

Dieser Frage wurde bisher nicht nachgeforscht. Wohl untersuchte Forster[1]) vor einigen Jahren den Kohlensäuregehalt von Zimmern im Erdgeschoss und im ersten Stockwerk, unter denen im Keller gährender Wein untergebracht war, und, da er in den über dem Keller gelegenen Räumlichkeiten die Kohlensäure vermehrt fand, folgerte er, dass die Grundluft auf gleiche Weise in die oberen Wohnungen emporströmen würde, wenn sie im Keller anwesend wäre; doch hat er nicht untersucht, ob die Grundluft thatsächlich in den Keller gelangt und nach welchen Modalitäten das geschieht?

In dieser Richtung wünschte ich durch directe Versuche Aufklärung zu erhalten und ging zu diesem Zwecke folgendermaassen vor:

In einem Zimmer des hygienischen Laboratoriums, welches zu etwa $^2/_3$ in dem Boden vertieft lag, analysirte ich lange Zeit hindurch die Kohlensäure fortwährend. Diese Localität bildete ein Eckzimmer; zwei sehr dicke Umfassungsmauern begrenzen es gegen die Gasse, eine dritte trennt das Local von anderen Zimmern, welche alle leer und abgesperrt standen; die vierte Wand geht auf die Stiege, steht also ebenfalls frei.

[1]) Zeitschr. f. Biol. Bd. XI (1875). Heft 3, S. 392.

Digitized by Google

Während des Versuches stand dieses Zimmer ganz leer. Der Fussboden besteht aus gut gefugten Parquets, die Decke ist gewölbt, die beiden Fenster und Thüren wurden verschlossen gehalten. In der Mitte des Zimmers war der Aspirator aufgestellt, mit welchem die Luft vom Niveau des Fussbodens angesaugt und durch Barytwasser in einer Pettenkofer'schen Röhre geleitet wurde.

Die Ergebnisse dieser Bestimmungen zeigt die Curve 5 auf Tafel I.[1]). Eine aufmerksame Durchsicht dieser Zeichnung lässt uns folgendes Ergebniss entnehmen.

Die Kohlensäure war im Zimmer durchschnittlich höher als in der äusseren Luft, hingegen stimmte sie mit der am Bodenniveau gefundenen Kohlensäuremenge ziemlich überein.

Ferner war die Kohlensäuremenge während des Winters und Frühlings eine geringere, darauf begann sie zuzunehmen, und erreichte im Hebst ihr Maximum, gerade so, wie die Kohlensäure der Bodenniveauluft.

Endlich war die Kohlensäure während der ganzen Beobachtungsperiode fortwährenden Schwankungen, Wogungen unterworfen. Dieses Schwanken war im Winter und Frühjahr ein mässiges, darauf nahm es stetig an Intensität zu und war im Herbst am heftigsten, gerade so, wie das an der Bodenniveauluft beobachtet worden war.

Das zusammengefasst kann schon den Verdacht wachrufen, dass die Grundluft auch in die Wohnung eingedrungen ist, ebenso, wie sie sich auf die Bodenoberfläche erhebt. Der blosse Verdacht muss sich aber zur positiven Ueberzeugung erhöhen, sobald man die Zimmerluft und die Bodenniveauluft auf ihre Schwankungen von Tag zu Tag vergleicht. Das Wogen der beiden Kohlensäuren ist nämlich selbst in diesen Details fast ganz identisch; höchstens besteht der eine Unterschied zwischen ihnen, dass sich die Zu- und Abnahme der Kohlensäure in der Zimmerluft zuweilen etwas später bemerkbar macht als am Bodenniveau. Um nur der auffallenderen Uebereinstimmungen zu gedenken, so kann an beiden Orten eine doppelte Acme zwischen 17. bis 20. Februar, ferner am 1. und 4. März wahrgenommen werden, dann parallele Schwankungen zwischen 13. bis 16., eine Erhöhung vom 21. bis 24., eine Abnahme bis zum Ende des Monates, eine sehr starke Acme am Anfang April

[1]) Auf dieser Zeichnung entspricht die Höhe von einem Millimeter je 0,01 ccm Kohlensäure im Liter (= 1000 Volumen) Luft. Der 50. Millimeter, oder 5. Centimeter entspricht daher dem Kohlensäuregehalte von 0,5 Vol. pro Mille.

Digitized by Google

mit nachfolgendem Sinken bis zum Ende des zweiten Monatsdrittels, darauf neuerliche Zunahme; gleichförmig hoher Stand an beiden Orten Mitte Mai, mit hervorragenden Acmepunkten am 7., 14. und 15., einem Minimum am 20. und 21., 25. und 26., 29. Parallele Abnahme am 2. Juni, Zunahme am 3. und 4., Abnahme am 7. und 9. bis 10. Im Juli erfolgt hie Zunahme stetig, aber unter heftigen Schwankungen, sehr tiefer Stand am 18. und 19., darauf Zunahme und neuerlicher Abfall bis zum Monatsschluss, und bis Anfangs August. In diesem Monate starke Zunahme am 11. bis 13., Abnahme am 15. und 16., neuere Zunahme am 19. und 20., neuere Abnahme und endlich eine Erhöhung am Ende dieses Monates und Anfangs September. Sehr hoher Kohlensäuregehalt am 7., darauf Abnahme, neuere Erhöhung am 13., und ein sehr bedeutendes Sinken zwischen 17. und 22. Paralleles Ansteigen am 3., 5. October etc.

Auf Grund dieser positiven Resultate meiner Untersuchungen kann ich behaupten, dass:

a) die Grundluft in die Wohnungen eindringt; dass

b) dieses Eindringen einer ungleichmässigen Schwankung während des Jahres unterworfen ist; dass

c) das Eindringen im Sommer und Herbst im bedeutendsten Maasse erfolgt; dass

d) das Einströmen durch dieselben Naturkräfte geleitet wird, welche überhaupt bewirken, dass die Grundluft an die Bodenoberfläche gelangt; dass also

e) die Kohlensäurevermehrung, welche am Bodenniveau beobachtet wird, im Grossen und Ganzen darauf folgern lässt, dass die Grundluft zur selben Zeit auch in die Wohnungen, hauptsächlich in die Souterrainzimmer in grösserer Menge eindringt.

Digitized by Google

Zweites Capitel.

Das atmosphärische Ammoniak.

Geschichtliches und Literatur.

Scheele war es, der die Anwesenheit von Ammoniak in der Atmosphäre zuerst erkannte. Nach ihm haben es Viele untersucht und quantitativ bestimmt; bis zur jüngsten Zeit wurden jedoch diese Untersuchungen aus rein chemischen Zwecken ausgeführt und geniessen kaum eine hygienische Bedeutung. Aber auch ihr chemischer Werth ist ein überaus geringer; es wurden nämlich zu jenen Forschungen meistens Methoden verwendet, die beim heutigen Stande unserer Kenntnisse jedes Vertrauen verwirkt haben. In diesen lückenhaften Methoden ist auch die Ursache zu suchen, dass die einzelnen Forscher — wie allsogleich gezeigt werden wird — zu so sehr abweichenden Resultaten gelangt sind.

Gräger, der Erste, der quantitative Bestimmungen ausführte [1]), leitete die Luft durch verdünnte Salzsäure, welche das Ammoniak band; letzteres wurde durch Platinchlorid unter Kochen niedergeschlagen und gewogen; die verbrauchte Luftmenge betrug mehr als 1 cbm, das gewonnene Platinsalmiak aber bloss etwa 6 mg. Wie ersichtlich, ist die Methode nicht empfindlich genug, um minimale Ammoniakmengen genau abzuwägen.

Kemp [2]), der die Luft auf dieselbe Weise untersuchte, hat einen mehr als 11fachen Ammoniakgehalt gefunden.

Fresenius [3]) hat in Wiesbaden das atmosphärische Ammoniak im August und September untersucht. Er leitete die Luft

[1]) Vergl. Fresenius, Ann. de chimie et de phys. (3), 26, S. 208.
[2]) Ibidem.
[3]) A. a. O.

Digitized by Google

ebenfalls durch verdünnte Salzsäure und wog das gebildete Chlorammonium ab. Er verbrauchte zu diesem Zwecke 126 und 128 l Luft und die Gewichtszunahme der Wägeschale nach der Ammoniakabsorption betrug 0,24 und 0,41 mg. Wenn man der Wägefähigkeit und Geschicklichkeit Fresenius' noch so grosse Anerkennung zollt: so sind doch die erwähnten Gewichte so geringe, dass es schlechterdings unmöglich ist sie auch nur mit dem geringsten Vertrauen zu beschenken; ganz abgesehen davon, dass es ungewiss ist, ob Fresenius den unsichtbaren atmosphärischen Staub auch zurückgehalten hat, bevor er die Luft in die Salzsäure leitete. Denn, wie sich ergeben wird, kann dieser Staub für sich allein einen solchen Gewichtszuwachs betragen, als ihn Fresenius gefunden hat.

Es ist meinerseits überflüssig, die Kritik der Methoden fortzusetzen; ich stelle die Resultate der älteren Ammoniakbestimmungen auf einer Tabelle zusammen[1]); der Mangel an Uebereinstimmung wird auch ihren Werth genügend verurtheilen.

In einem Kubikmeter Luft fanden Ammoniak:

Gräger zu Mühlhausen im Mai an 4 Regentagen . .	0,425 mg
Kemp 300′ über dem irländischen Meeresspiegel, im Juni und Juli, bei heiterem Wetter	4,64 „
Fresenius zu Wiesbaden im August und September, 40 Tage hindurch am Tage	0,126 „
„ „ „ in der Nacht	0,218 „
Horsford zu Boston im Juli	62,3 „
„ „ „ im December	1,55 „
Pierre zu Caen, im Winter, 3 m über dem Bodenniveau	4,515 „
„ „ „ vom Mai 1852 bis Ende April 1853, 8 m über dem Bodenniveau	0,645 „
Bineau zu Lyon, $7\frac{1}{2}$ m über dem Bodenniveau . .	0,425 „
„ „ „ im Observatorium, 23 m über dem Bodenniveau	0,27 „
„ zu Caluire, bei Lyon, im Sommer	0,132 „
„ „ „ „ „ im Winter	0,0516 „
Ville zu Paris in 1849 bis 1850, aus 16 Bestimmungen	0,0322[2]) „

[1]) Vgl. Liebig's Handw. 2. Aufl. Bd. II, S. 450. Die Angaben habe ich behufs leichterer Vergleichbarkeit umgerechnet.

[2]) Vgl. Ann. de l'Observ. d. Montsouris. 1879, S. 316.

Digitized by Google

In neuerer Zeit wurde das Ammoniak wieder zum Gegenstand eifrigerer Forschungen; gleichzeitig wurden auch neue Methoden zur Ermöglichung genauerer Bestimmungen gesucht.

Truchot[1]) schlug folgenden Weg ein: Er construirte eine Gasuhr, welche, durch ein Uhrwerk in Gang gesetzt, Luft aspirirte. Nun säuerte er das Wasser in der Gasuhr mit etwas Schwefelsäure an (?!) und liess dadurch das Ammoniak absorbiren, welches in der durchpassirenden Luft (2 bis 5 cbm) enthalten war. Das Wasser aus der Gasuhr wurde dann, nach der Boussingault'schen Methode für Wasseranalysen[2]), auf Ammoniak geprüft. Er fand in Clermont-Ferrand sowie auf hohen Bergen in je einem Kubikmeter Luft folgende Ammoniakmengen:

Clermont-Ferrand;	am	22.	Juli	1,23 mg
„	„	3.	August (Regen) . .	2,06 „
„	„	5.	„	0,93 „
„	„	6.	„	1,4 „
„	„	8.	October	2,43 „
„	„	9.	„	1,33 „
„	„	14.	„	2,79 „
Am Puy de Dôme (1446 m)				1,12 bis 3,18 „
„ Pic de Sancy (1884 m)				5,55 bis 5,27 „

Man muss gestehen, dass auch diese Methode, sowie die mit ihr erzielten Resultate nicht darnach angelegt sind, um Vertrauen zu erwecken. Einerseits ist es nämlich sehr unwahrscheinlich, dass das angesäuerte Wasser in der Gasuhr alles Ammoniak gebunden habe; andererseits kann bei der Ansäuerung, Destillation und Titrirung solcher Wassermassen ein so bedeutender Fehler unterlaufen, welcher der minimalen Menge des thatsächlichen Ammoniaks gleichkommt oder dieselbe auch bedeutend überragt; auch das ist nicht bekannt, ob Truchot den atmosphärischen Staub vor der Gasuhr zurückgehalten hat, und der konnte beim Abdestilliren beträchtliche Ammoniakmengen liefern.

Im Uebrigen kann den Angaben von Truchot ein relativer Werth nicht abgesprochen werden; von diesem Standpunkte möge man acceptirten, dass nach einem Regen thatsächlich weniger Am-

---

[1]) Comptes Rendus, 1873, II, 1159.

[2]) Meines Wissens besteht die Methode darin, dass das Wasser angesäuert und eingeengt, dann auf überschüssiger gebrannter Magnesia abdestillirt wird. Im Destillate wird das Ammoniak mit Normal-Schwefelsäure titrirt.

Digitized by Google

moniak in der Atmosphäre vorhanden war, als vor dem Regen, ferner dass die hohen Luftregionen mehr Ammoniak enthalten, als die auf der Ebene, — obwohl letztere Behauptung mit den Angaben Bineau's sowie mit unserer Auffassung in der Frage im entschiedensten Widerspruche steht. Der höhere Ammoniakgehalt der hohen Luftregionen könnte auf Grund des einmal bereits erwähnten Dalton'schen Gesetzes erklärt werden, wenn er nämlich der Wahrheit entsprechen würde.

Ein hohes Interesse kommt den Untersuchungen von Schlösing über das atmosphärische Ammoniak zu. Seiner auf dieser Grundlage erhobenen Theorien wünsche ich erst später zu gedenken; gegenwärtig gebe ich bloss seine Untersuchungsmethode wieder. Schlösing legt das Hauptgewicht darauf, dass das Ammoniak in möglichst grossen Luftmengen bestimmt werde. Zu diesem Behufe lässt er die Luft durch ein Dampfrohr aspiriren. Aus einem kleineren Kessel wird in eine Glasröhre — bei der Mitte — Dampf eingeleitet; die hinter dem Dampfstrome entstehende Luftverdünnung zieht die zu untersuchende Luft herbei. Es wurde ein für allemal bestimmt, welche Menge Luft durch eine bestimmte Menge Dampf (resp. zu Dampf verwandeltes Wasser) aspirirt wird; auf diese Weise bestimmt Schlösing die im einzelnen Versuche aspirirte Luftmenge aus dem verbrauchten Wasserquantum. Neben dieser keineswegs genau erscheinenden Aspirationsmethode präsentirt sich die Bindungsmethode für das Ammoniak als nicht um vieles genauer. Die zu untersuchende Luft wird durch ein weites Rohr in ein grosses Glasgefäss geleitet [1]), in welchem ein glockenförmiges Glas mit abwärts gekehrter weiter Oeffnung untergebracht ist. Diese Oeffnung wird mit einer Platinlamelle verschlossen, in welcher sich zahlreiche kleine Löcher befinden. Die Glocke taucht sammt der Platinlamelle nahe am Boden des Gefässes in eine mit Schwefelsäure leicht versetzte, einige Centimeter hohe Flüssigkeitsschicht. Wird die Luft an der oberen Oeffnung der Glocke aspirirt, so presst sie einestheils die Flüssigkeit durch die Löcher der Platinlamelle in die Glocke, andererseits quillt und schäumt sie selbst hindurch. Die einige Centimeter betragende Flüssigkeitsschicht soll während des Hindurchschäumens der Luft das Ammoniak binden. Schlösing behauptet, auf eigene Versuche gestützt,

[1]) Dieser Apparat war auf der Pariser Weltausstellung 1878 im französischen Tabakpavillon zu sehen. Er ist beschrieben in: Comptes Rendus, 1875, I, p. 265.

Digitized by Google

dass durch den Apparat $^8/_{10}$ bis $^9/_{10}$ des Ammoniaks thatsächlich gebunden werden. Jedenfalls ist eine vollständige Bindung vom Schlösing'schen Apparate nicht zu erwarten.

Ziemlich übereinstimmend mit der eben beschriebenen ist die Untersuchungsmethode, welche Lévy[1]) am Montsouris befolgt. Hier wird die Luft mit einem Wasseraspirator angesaugt, und zwar 24stündlich $3^1/_2$ cbm, und durch zwei Flaschen geleitet, in denen sich Normalsäure befindet. In diesen Flaschen lässt man, wie beim Schlösing'schen Apparate, die Luft durch die Löcher einer Platinlamelle durchtreten, auf dass sie in der Gestalt von kleinen Luftbläschen mit der sauren Flüssigkeit inniger gemengt werde. Nach der Absorption lässt Lévy ebenso wie Schlösing das Ammoniak durch Magnesia im Destillator austreiben und titrirt mit Normalsäure.

Zu Gunsten der Richtigkeit seiner Methode führt Lévy folgende Daten an: Titer der originalen Normalsäure = 4,72; der Säure, welche in der ersten Flasche war, = 4,09, welche in der zweiten Flasche war, = 4,62. Die erste Flasche hat also eine 0,53 ccm, die zweite bloss eine 0,1 ccm Normalsäure entsprechende Ammoniakmenge gebunden. Daraus folgert er, dass die Bindung des Ammoniaks vollständig erfolgte. Ich bezweifle es.

Dass mein Zweifel Berechtigung hat, dafür berufe ich mich auf die eigenen Beobachtungen, bei denen es sich als keine gar so leichte Aufgabe erwies, das Ammoniak vollständig zu binden.

Die Resultate Lévy's fielen niedriger, als alle bisherigen aus. Er fand vom September 1876 bis Ende August 1877 im Durchschnitt 0,0370 Milligramme pro Kubikmeter Luft; in 1877/78 hingegen: 0,0276 und in 1878/79: 0,0190; also während der drei Jahre im Mittel: 0,0278.

Das Gesundheitsamt zu Glasgow liess auch das atmosphärische Ammoniak wie die Kohlensäure sechs Monate hindurch monatlich dreimal an fünf verschiedenen Punkten der Stadt untersuchen[2]); man erhielt im Mittel 0,015 bis 0,053 mg Ammoniak pro Kubikmeter Luft. Ich weiss von der Methode gar nichts, kann deshalb auch den Werth der Daten nicht beurtheilen. Es wird behauptet, dass die Ammoniakmenge mit der Dichte der Bewohntheit und der Industrieanlagen wuchs.

---

[1]) C. R. 1877, I, 273. Vgl. ferner: Annuaire de l'Observatoire de Montsouris pour l'an 1879 und 1880.

[2]) Annuaire etc. 1879, S. 347.

Digitized by Google

Methode zur Ammoniakbestimmung.

Seit langem befasse ich mich schon mit Ammoniakbestimmungen. Doch musste ich die traurige Erfahrung machen, dass meine älteren Untersuchungen fast alle unverlässlich und die auf sie gestützten Folgerungen unhaltbar sind. Ob über meine neuesten Untersuchungen nicht ich selbst oder Andere bald zu Gericht sitzen werden, weiss ich noch nicht.

Und doch habe ich sämmtliche Analysen, auch die älteren, mit besonderer Sorgfalt und Vorsicht ausgeführt!

Vordem habe ich die zu untersuchende Luft durch mit Salzsäure versetztes destillirtes Wasser geleitet und das gewonnene Ammoniak nach dem Nessler'schen Verfahren titrirt. Diese Versuche habe ich verworfen, weil ich mich überzeugen konnte, dass ich in der Salzsäure und dem zu ihrer Neutralisation bestimmten Kali beinahe eben so viel Ammoniak in die Titrirlösung eingeführt hatte, als in der insgesammt in ungenügender Menge aspirirten Luft enthalten war.

Sodann habe ich die aspirirte Luftmenge erhöht (durch Anwendung eines Bunsen'schen Gebläses) und sie durch eine ammoniakfreie Oxalsäurelösung geleitet, welche auf Glasperlen geträufelt war. Die Oxalsäure habe ich dann mit Kali neutralisirt und nach Nessler titrirt. Ich wurde aber theilweise dadurch gestört, dass die Titrirlösung sich gewöhnlich etwas trübte (Kalk?), theils dadurch, dass zur vollständigen Bindung des Ammoniaks selbst zwei U-förmige Röhren noch nicht genügend waren.

Ich will meine misslungenen Versuche nicht alle beschreiben, sondern gehe zur Methode über, welche ich für ganz genau halte, und auch heute noch, und zwar schon seit $1^1/_2$ Jahren, anwende.

Zu den Bestimmungen verwende ich die Luft in grossen Mengen; durch das Absorptionsgefäss passiren wenigstens 4 bis 6, eventuell 10 bis 12 cbm. Die Aspiration ist dabei langsam genug; sie beträgt circa 1 cbm in 24 Stunden. Eine Bestimmung fällt daher auf je fünf Tage und ergiebt das Mittel während dieser Zeit. Die zu untersuchende Luft lasse ich von der Gasse durch ein enges Bleirohr aspiriren, welches durch den oberen Flügel eines Fensters im Laboratorium ins Freie führt und hier etwa 5 m über dem Gassenniveau mündet. Die Umgebung dieser Untersuchungsstation habe ich oben bei der Kohlensäure bereits be-

Digitized by Google

schrieben. Die Luft tritt von aussen zuerst in ein weiteres Glasrohr, welches mit feiner Glaswolle ausgefüllt ist; hier wird der atmosphärische Staub zurückgehalten. Auch die Menge dieses Staubes bildete ein Object der Untersuchung, wie ich das später noch besprechen werde.

Ich halte die vorhergehende Bindung des atmosphärischen Staubes bei Ammoniakuntersuchungen für eine unerlässliche Vorsicht, weil der atmosphärische Staub gewöhnlich organischen Stickstoff enthält, welcher beim Abdestilliren ebenfalls Ammoniak liefert, unter Umständen sogar in Mengen, welche dem gesammten thatsächlichen Ammoniak der Atmosphäre nahe kommen können. Ja, dem Gewichte nach übertrifft dieser Staub das Ammoniak bis um das 10- bis 20fache. (S. unten.)

Durch die Glaswolle und das Bleirohr gelangt die Luft in den Absorptionsapparat und von hier zu einer Gasuhr, welche das aspirirte Luftquantum abmisst; der Absorptionsapparat besteht aus zwei U-förmigen Röhren, in deren Schenkeln sich eine etwa 30 cm hohe Schichte von Glaswolle befindet.

Nach vollständigem Auswaschen der U-förmigen Röhren und der Glaswolle geschieht das Einstellen zur Ammoniakbestimmung folgendermaassen: In einer Flasche halte ich destillirtes Wasser in Bereitschaft; im Korke steckt ein nach abwärts gekrümmtes weites Glasrohr, welches mit in Schwefelsäure getränkter Glaswolle ausgefüllt ist. Ebenso ist Schwefelsäure, im Verhältniss von 1:3 diluirt, in einer doppelt verschlossenen Flasche fortwährend vorräthig. Im Kasten, welcher das destillirte Wasser, die Schwefelsäure und die ausschliesslich zur Ammoniakbestimmung dienenden Geräthschaften beherbergt, steht fortwährend offene Schwefelsäure zur Absorption des Ammoniaks der Zimmerluft. Bei dieser Vorsicht erleidet der Ammoniakgehalt des destillirten Wassers und der Schwefelsäure, laut dem Zeugnisse der in Zwischenräumen von mehreren Monaten ausgeführten Controlbestimmungen, eine kaum erkennbare Veränderung [1]).

Vor Beginn der Untersuchungen nehme ich vom verschlossenen destillirten Wasser 100, von der Schwefelsäure aber 4 ccm, und bestimme darin das Ammoniak nach der sogleich zu beschreibenden Methode. Dadurch erhalte ich das eigene Ammoniak der

[1]) Es betrug z. B. der Ammoniakgehalt von 100 ccm Probewasser und 4 ccm Probesäure am 15. September 1879 0,047 mg, am 30. December desselben Jahres 0,049 mg.

Digitized by Google

Probelösungen. Darauf werden neuere 4 ccm der Schwefelsäure abgemessen und damit die Glaswolle in den U-förmigen Röhren befeuchtet. Nun lasse ich die Aspiration der Luft beginnen. Nachdem sie beendigt ist, wasche ich beide U-förmigen Röhren mit 100 ccm des destillirten Wassers aus; dazu giesse ich auf einmal etwa 20 ccm Wasser in einen Schenkel der U-förmigen Röhre, lasse sie in den anderen Schenkel hinüberfliessen, giesse sie dann in die andere U-förmige Röhre über und nachdem es auch durch diese geflossen, in ein bereit gehaltenes reines Fläschchen von etwas über 100 ccm Inhalt mit einem gut schliessenden Kautschukstöpsel. Die 4. bis 5. durchfliessende Wasserparthie enthält keine Säure mehr, so dass das Auswaschen vollkommen gelungen ist.

Dieses angesäuerte Wasser enthält also das atmosphärische Ammoniak; es wird auf folgende Art analysirt:

Wenn sich mehrere Fläschchen mit Ammoniakwasser angesammelt haben, wird die Bestimmung sammt den zur Ansäuerung und Auswaschen benutzten Probeflüssigkeiten (Schwefelsäure, destillirtes Wasser) auf einmal ausgeführt.

In den zu diesem Zwecke dienenden Glaskolben giesse ich etwas Kalkmilch und unterwerfe sie der Destillation; das Destillat wird durch einen gläsernen Dephlegmator geleitet und in einem Fläschchen mit engem Halse aufgefangen. Im Destillat prüfe ich auf anwesendes Ammoniak mit Nessler'scher Lösung, und so lange davon auch nur Spuren gefunden werden, wird die Destillation fortgesetzt. Ist das Destillat einmal ganz rein, so giesse ich das zu untersuchende Ammoniakwasser in den Kolben, wasche das Fläschchen mit etlichen Tropfen destillirten Wassers nach und destillire in dasselbe Fläschchen 100 ccm zurück. Auf dieselbe Weise wird die Destillation auch mit dem Inhalt der übrigen Fläschchen nach einander ausgeführt, mit der Vorsicht jedoch, dass die Alkalinität der Kalkmilch stets mit Curcumapapier controlirt wird. Sind 4 bis 5 Fläschchen nach einander überdestillirt worden, so ist die Neutralitätsgrenze in der Kalkmilch nahezu erreicht. Nun muss diese im Kolben erneuert und auf die beschriebene Weise ammoniakfrei gemacht werden, bevor die Destillation der übrigen Fläschchen fortgesetzt werden dürfte.

Die Ammoniakmenge bestimme ich in sämmtlichen Destillaten mit Nessler'scher Lösung und $^1/_{100}$ normaler Ammonchloridlösung. Von der erhaltenen Menge wird das eigene Ammoniak der Probelösungen, d. i. der 100 ccm Wasser und 4 ccm Schwefelsäure, subtrahirt; das restirende Ammoniak aber wird auf Milli-

Digitized by Google

gramme im Kubikmeter Luft umgerechnet. An der Luftmenge, welche die Gasuhr anzeigt, werden der durchschnittlichen Zimmertemperatur, der Tension des Wasserdampfes (in der Gasuhr) und dem Luftdruck (unter dem die Luft in der Gasuhr gestanden ist) entsprechende Correctionen vorgenommen.

Die Titrirung führe ich folgendermaassen aus:

Ich benutze grosse Probirrohre von möglichst gleichem Kaliber. In diese werden von der $^1/_{100}$ normalen Ammonchloridlösung 0,25 bis 0,50 bis 0,75 bis 1,0 bis 1,5 bis 2 bis 4 bis 6 bis 8 etc. bis 30 ccm abgemessen, und alle mit ammonfreiem destillirtem Wasser aufgefüllt. Diesen gegenüber messe ich von den Destillaten je 50 ccm in ähnliche Gefässe ab, und auch diese werden mit einigen Tropfen destillirten Wassers auf das Niveau der Flüssigkeit in den Ammoniakeprouvetten gebracht. Alle werden nun mit je $^1/_2$ ccm Nessler'scher Lösung versetzt und nach $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde die zu prüfenden Wässer mit der Farbe der Ammoniaklösungen confrontirt, indem die Eprouvetten mit der Oeffnung gegen das Licht gehalten und die am Boden der Rohre erscheinenden Farbennuancen verglichen werden. Diese Methode ist empfindlich genug, um mit ihr noch 0,0025 mg Ammoniak in 50 ccm Flüssigkeit zu erkennen, ebenso um zwei ammoniakhaltige Flüssigkeiten, welche nur um 0,0025 mg von einander verschieden sind, noch deutlich absondern und bestimmen zu können.

Menge des atmosphärischen Ammoniaks zu Budapest.

Nach dieser detaillirten Beschreibung der Methode lasse ich die in der Atmosphäre gefundene Ammoniakmenge folgen.

Sie betrug vom 15. September 1878 bis Ende December 1879 nach 80 Bestimmungen im Mittel 0,03888 Milligramm pro Kubikmeter Luft; im Jahre 1879 allein (ohne Herbst 1878) war das Mittel 0,03318 mg.

Die Ergebnisse der einzelnen Bestimmungen können in der Curve 6 auf Tafel I. abgelesen werden [1]).

Dieser Zeichnung ist zu entnehmen, dass die Ammoniakmenge während der ganzen Zeit schwankte und zwar nicht bloss in den

[1]) Auf dieser Zeichnung entspricht jeder Millimeter: 0,002 mg Ammoniak; der 20. mm, oder 2. cm also 0,04 mg.

Digitized by Google

einzelnen Jahreszeiten, sondern auch von einem 5tägigen Zeitraume zum anderen.

Zur leichteren Uebersicht der Schwankungen nach Jahreszeiten habe ich für die einzelnen Monate und Jahreszeiten Mittelwerthe berechnet, und Folgendes erhalten:

1878	September[1]). .	0,0623		
„	October. . . .	0,0614	Herbst	= 0,0558
„	November. . .	0,0438		
„	December. . .	0,0254		
1879	Januar	0,0238	Winter	= 0,0251
„	Februar . . .	0,0262		
„	März	0,0261		
„	April	0,0274	Frühling	= 0,0303
„	Mai	0,0368		
„	Juni	0,0564		
„	Juli	0,0379	Sommer	= 0,0488
„	August	0,0522		
„	September . .	0,0466		
„	October . . .	0,0356	Herbst	= 0,0344
„	November . .	0,0211		
„	December . .	0,0081		

Aus diesen Durchschnittszahlen ist ersichtlich, dass das Ammoniak den niedrigsten Stand im Winter erreicht, im Frühjahr ansteigt, im Sommer am höchsten, und selbst im Herbste noch sehr hoch steht.

Auch Lévy fand in 1876/77, dann in 1878/79, dass das Ammoniak im Sommer am höchsten und im Winter am niedrigsten steht; in 1877/78 verhielt sich aber die Sache entgegengesetzt.

Aus obigen Mittelwerthen, noch mehr aber aus den massenhafteren Daten von Lévy ist auch das ersichtlich, dass dieselben Jahreszeiten in verschiedenen Jahren sehr namhafte Differenzen im Ammoniakgehalt aufweisen können. So hat z. B. der 1878er Herbst zu Budapest bedeutend mehr Ammoniak aufgewiesen als der 1879er. Auch zu Paris wurden im Herbste 1877: 0,040 mg Ammoniak beobachtet, im Herbste 1878 aber bloss 0,0150 mg.

---

[1]) Ich bestimmte auch noch im Jahre 1877, vom 17. September bis 5. October, täglich den Ammoniakgehalt der Atmosphäre. Derselbe war im Durchschnitt (aus 18 Bestimmungen) 0,0425.

Digitized by Google

Aus den Angaben von Lévy geht sogar hervor, dass auch die einzelnen Jahre hinsichtlich des Ammoniakgehaltes bedeutend von einander abweichen können. Das Mittel war nämlich in 1876/77: 0,0370 mg, in 1878/79 aber bloss 0,0190 mg.

Das Ammoniak weist auch in anderer Beziehung Schwankungen auf. So hat, wie zu sehen war, schon Fresenius[1]) beobachtet, dass in der Nacht mehr Ammoniak in der Luft enthalten ist als am Tage. Von anderen Autoren sind mir hierher passende Daten nicht bekannt. Ich selbst habe 1877 und 1878 mehrere Bestimmungen ausgeführt und erhielt folgendes Resultat:

	Am Tage	Nachts
Am 20. September 1877 . .	0,063	0,033
„ 23. „ „ . .	0,0375	0,045
„ 25. „ „ . .	0,045	0,031
„ 26. „ „ . .	0,045	0,044
„ 27. „ „ . .	0,059	0,074
„ 28. „ „ . .	0,046	0,041
„ 29. „ „ . .	0,047	0,070
„ 30. „ „ . .	0,044	0,045
„ 1. October „ . .	0,029	0,046
„ 2. „ „ . .	0,049	0,025
„ 3. „ „ . .	0,036	0,045
„ 4. „ „ . .	0,049	0,034
„ 5. „ „ . .	0,038	0,040
„ 31. Mai 1878	0,0466	0,0553
„ 1. Juni „	0,0572	0,0835
Durchschnittlich	0,04609	0,04745

Diese Ergebnisse sprechen also dafür, dass — wenigstens zur Zeit der Untersuchung — der Ammoniakgehalt der Atmosphäre. in der Nacht im Durchschnitt ein höherer war, als am Tage.

Quelle des atmosphärischen Ammoniaks und Ursachen seiner Schwankungen.

Es ist nun zu untersuchen, aus welchen natürlichen Quellen das atmosphärische Ammoniak herstammt, und welche Naturkräfte

[1]) Bei Fresenius und anderen oben citirten Forschern können die einzelnen Angaben — wenn ihnen auch kein absoluter Werth zukommt — mit Paralleldaten, welche derselbe Forscher nach derselben Methode erhalten hat, unter einiger Reserve verglichen werden.

Digitized by Google

es bedingen, dass seine Menge in kurzen, fünftägigen Zwischenräumen, ja sogar — wie man sah — von der Nacht zum Tage, ferner von Monat zu Monat, von Jahr zu Jahr schwankt.

Bezüglich der Quelle des atmosphärischen Ammoniaks hat neuestens Schlösing eine sehr interessante Theorie aufgestellt. Seiner Meinung nach würden die stickstoffhaltigen organischen Substanzen in der Natur folgenden Kreislauf beschreiben[1]): die vom Menschen, den Thieren und Pflanzen herstammende stickstoffhaltige organische Substanz wird im Boden oxydirt, gelangt von hier mit dem Grundwasser in die Flüsse, dann ins Meer. Das Flusswasser, besonders aber das Grundwasser enthalten gewöhnlich die Salpetersäure in viel grösserer Menge als das Ammoniak. Im Meere wird die Salpetersäure reducirt, was schon daraus erhellt, dass das Meerwasser sehr viel Ammoniak und verhältnissmässig sehr wenig Salpetersäure enthält. In einem Kubikmeter Seewasser beträgt nämlich das Ammoniak 400 bis 500 mg[2]), die Salpetersäure bloss 200 bis 300 mg. Aus dem Seewasser wird das Ammoniak fortwährend in die darüber lagernde Luft empordiffundiren, um von hier über die Continente dahingetragen zu werden, wo es wieder in den Boden gelangt, und zum Nahrungsmittel der Pflanzenwelt wird. Der Boden selbst — ob feucht oder trocken — bindet das atmosphärische Ammoniak sehr hastig, und lässt es nicht mehr los[3]).

Diese Theorie ist sehr geistreich; doch besitzen wir heute noch keineswegs genügendes Material, um zu beurtheilen, ob sie auch der Wahrheit entspricht. Auch muss ich noch hervorheben, dass man hier bei uns, in der Mitte des Festlandes, zur definitiven Aufklärung der Frage genug überzeugende Daten zu sammeln kaum im Stande ist; zu diesem Zwecke sind die Beobachtungen in der Nähe der See in Angriff zu nehmen.

Nichtsdestoweniger kann ich nicht verhehlen, dass meine eigenen Untersuchungen für die Schlössing'sche Theorie sehr ungünstig sind. Ich finde das Schwanken der atmosphärischen Ammoniakmenge durch andere Ursachen und Factoren erklärbar.

---

[1]) Vgl. Compt. Rend. 1875, I, p. 175.

[2]) Boussingault hat im Wasser des la Manche-Canals 200, Dieulafait im Wasser des Mittelmeeres nahe an der französischen Küste 220 mg Ammoniak gefunden. C. R. 1878, I, p. 1470.

[3]) C. R. 1876, I, p. 1105.

Digitized by Google

Ich habe nämlich die Ammoniakcurve (Tafel II. Nr. 6) mit den graphischen Darstellungen der meteorologischen Verhältnisse (Tafel II.) verglichen und dabei Folgendes gefunden:

Die Abnahme des Ammoniaks fällt beinahe mit mathematischer Genauigkeit einerseits mit den Regen, andererseits mit der Abnahme der Lufttemperatur, gewissermaassen auch noch mit heftigen Winden zusammen. Dem gegenüber ist während der nach Regen folgenden Trockenheit, und bei steigender Temperatur eine Zunahme an Ammoniak zu bemerken. So ist mit dem am 20. September 1878 auftretenden Regenfall auch das Ammoniak gesunken; und in den darauf folgenden wärmeren und trockenen Tagen (vom 5. bis 10. October) ist auch das Ammonik sehr hoch gestiegen; durch mässigen Regen und kühles Wetter wurde es wieder sehr bald herabgedrückt. Die starken Regenfälle vom 1. bis 5. und 20. bis 25. November veranlassen eine fernere Verminderung, noch mehr aber die grosse Kälte nach der Mitte December. An den etlichen warmen Tagen am Anfang Januar steigt das Ammoniak plötzlich in die Höhe und sinkt mit der eintretenden Kälte wieder zurück. Mitte Februar vermindert das Ammoniak ein starker Schneefall, Mitte März die kältere Witterung, gegen Ende April aber die Regenfälle. In den warmen trockenen Tagen, 5. bis 10. Mai, steigt der Ammoniakgehalt, noch mehr aber in der zweiten Hälfte des Monates mit der stetig zunehmenden Lufttemperatur. Die Abnahme zur Mitte Juni fällt mit starkem Regen zusammen, die Erhöhung aber am Ende des Monates fällt auf warme, trockene Tage. Im Juli ist eine geringe Schwankung zu beobachten, der Regen vermindert, die folgenden trocken warmen Tage vermehren das Ammoniak. Die Ursachen der grossen Schwankungen im August und September kann ich nicht auffinden [1]); am Ende September stimmt aber die bedeutende Abnahme mit starken Regenfällen überein. Auch Mitte October ist sie mit einem Regen und mit kalter Witterung im Zusammenhange. Endlich im November und December hält sich das Ammoniak an die eingetretene und stets zunehmende Kälte, indem es stetig und zwar auf den bisher beobachteten niedrigsten Stand herabsinkt.

Die Abhängigkeit des atmosphärischen Ammoniaks von Verhältnissen so rein localer Natur, als es die Regenfälle und Temperaturschwankungen sind, macht es sehr unwahrscheinlich, dass das Ammoniak auch, oder sogar noch mehr durch andere Factoren

[1]) Vielleicht hat die andauernde Dürre die starke Abnahme verursacht.

Digitized by Google

als die erwähnten regulirt werde. Ich finde auch während der ganzen Beobachtungszeit keine einzige Erscheinung, welche bezeugen würde, dass ein mächtigerer Factor als die besprochenen Einflüsse, z. B. ein vom Meere kommender ammoniakreicherer Luftstrom, zeitweisen Antheil an der Regulation des Ammoniaks nähme. Besonders bemerke ich nichts Auffälliges zur Zeit der südwestlichen (von der See kommenden) Winde.

So lange also, bis mich nicht massenhaftere Beobachtungen etwa vom Gegentheil überzeugen, ist es meine Meinung, dass auch der Ammoniakgehalt der Atmosphäre in erster Linie von rein localen Ursachen, Factoren abhängt.

Diese localen Ursachen und Factoren sind bei der Modification des Ammoniaks sehr leicht zu erkennen.

Der Regen vermindert das Ammoniak auf kurzem, chemischem Wege: er löst es in der Atmosphäre und wäscht es mit sich nieder. Der Agriculturchemie ist diese Erscheinung längst bekannt; sie weiss zu sagen, dass jeder Regen sehr viel Ammoniak auf die Erdoberfläche herabbringt. Und damit der Thatbestand ein noch klarerer sei, kann ich erwähnen, dass, nach Boussingault, Bineau u. A., das Regenwasser zu Beginn des Regens um Vieles ammoniakreicher ist als im weiteren Verlauf des Regens. So fand z. B. Boussingault in je einem Liter Regenwasser, welches am Anfang und in einem späteren Stadium eines Platzregens aufgefangen wurde, 4,0, resp. 0,5 mg Ammoniak.

Dass die Wärme erhöhend auf das Ammoniak einwirkt, wird ebenfalls leicht verständlich sein, wenn man bedenkt, dass die Wärme in der colossalen Masse der auf und in dem Boden zerstreuten organischen Substanz eben jenen Process befördert, welcher in erster Reihe mit Ammoniakproduction verläuft, nämlich die Fäulniss. Was ist natürlicher, als anzunehmen, dass bei steigender Wärme auch die Fäulniss überall zunimmt, wo fäulnissfähige Substanzen angehäuft und genügend befeuchtet angetroffen werden. Es ist klar, dass diese Fäulniss ihren reichlichsten Schauplatz in Städten, in der Umgebung von Wohnungen haben wird, wo Abtritte, Kanäle, Ausgussrohre für Waschwässer, und selbst die Oberfläche der Strassen den Sammelplatz der faulenden Substanzen bilden.

Somit ist meiner Ansicht nach die ausgiebigste Quelle des atmosphärischen Ammoniaks der Boden, als Schauplatz der fortwährenden Fäulniss.

Frägt man nun, in welcher Bodenparthie der Ammoniak erzeugende Process thätig ist, ob an der Oberfläche, oder wie bei

Digitized by Google

der atmosphärischen Kohlensäure vielleicht auch im Inneren des Bodens: so war ich vordem der Ansicht, dass auch die in der Tiefe verlaufende organische Zersetzung an der Erhöhung des atmosphärischen Ammoniaks participirt, und nicht blos (nicht einmal vorwiegend) die an der Bodenoberfläche angesammelten organischen Abfälle. Zu dieser Ansicht war ich dadurch gelangt, dass ich bei meinen Analysen in der Grundluft einen bedeutend höheren Ammoniakgehalt gefunden hatte als in der freien Atmosphäre. Wenn nun der Boden — dachte ich — der aus ihm gepumpten Luft Ammoniak, und das in bedeutender Menge, übergiebt: so hat man keine Ursache anzunehmen, dass derselbe Boden sein Ammoniak nicht auch in die freie Luft entweichen lasse, wenn die Grundluft bei ihren selbstständigen Schwankungen, z. B. im Herbst, an die Oberfläche strömt, oder wenn sie überhaupt aus dem Boden heraus diffundirt.

Zur bestimmten Klärung der Frage habe ich neuestens den Ammoniakgehalt der Grundluft ein ganzes Jahr hindurch (1879) beobachtet. Zu diesem Zwecke habe ich auf meiner Beobachtungsstation die Grundluft aus verschiedenen Tiefen ununterbrochen durch einen entsprechenden Apparat[1]) aspirirt und ihren Ammoniakgehalt bestimmt. Er betrug im Kubikmeter Grundluft:

	1 Meter Tiefe	4 Meter Tiefe
in der März bis Mai aspirirten Bodenluft	0,0198 mg	0,0471 mg
in der Juni bis Septbr. „ „	0,0277 „	0,0444 „
in der Octbr. bis Decbr. „ „	0,0089 „	0,0167 „

Zur selben Zeit betrug das Ammoniak der freien Luft 0,0303, resp. 0,0483 und 0,0216 mg, also mehr als in der Grundluft, besonders jener in 1 Meter Tiefe, enthalten war[2]). Der Boden selbst war an dieser Stelle, wie ich es später noch beschreiben werde, sehr stark verunreinigt.

Die Atmosphäre erhält also ihr Ammoniak keinesfalls aus dem Inneren des Bodens, aus der Grundluft, sondern blos von der Bodenoberfläche.

Ausser der Fäulniss an der Bodenoberfläche giebt es wenige Processe, welche in die Luft grössere Ammoniakmengen gelangen lassen könnten. Die Ammoniakproduction der Industrieanlagen und Feuerherde ist ganz unbedeutend.

---

[1]) Die Beschreibung dieses Apparates werde ich bei der Grundluft nachholen.

[2]) Weitere Betrachtungen über das Ammoniak der Grundluft behalte ich mir für später vor.

Digitized by Google

Das in Betracht gezogen, erscheint die Folgerung als berechtigt, dass das atmosphärische Ammoniak der Ausdruck der Fäulniss an der Bodenoberfläche, sowie der Index für die Verunreinigung der Luft durch flüchtige Fäulnisssubstanzen und durch Fäulnissproducte ist. Im Wesentlichen ist also der englische Ausdruck ganz richtig, welcher das Ammoniak zur „sewage matter" der Luft stempelt. Dass das atmosphärische Ammoniak eben dadurch nicht nur zu einer chemischen, sondern bereits zu einer hygienischen Bedeutung gelangt, dürfte wohl einleuchten.

Der Kreislauf des atmosphärischen Ammoniaks wäre nach all dem Gesagten — wenigstens bei unserer geographischen Lage — der folgende: es entwickelt sich mit der zunehmenden Wärme in verschiedenen Fäulnissherden an der Bodenoberfläche, diffundirt von hier in die Atmosphäre empor, woher es durch Regenwässer wieder zurückbefördert wird, sowie es die daran ärmeren Bodenflächen wieder zur Erde zurückziehen.

Hygienische Bedeutung des atmospärischen Ammoniaks.

Insofern es mir gelungen ist, im Obigen zu beweisen, dass die Menge und die Schwankungen des atmosphärischen Ammoniaks von jener Fäulniss abhängig sind, welche an der Bodenoberfläche in der Nähe unserer Wohnungen vor sich geht: so muss ich auch hervorheben, welche grosse Bedeutung für die hygienische Wissenschaft der Benutzung dieser Erfahrung zu Forschungen beikommt. Das atmosphärische Ammoniak ist nämlich so zu betrachten, dass es die Intensität des in der Natur auftrenden Fäulnissprocesses und die Infection der Luft durch Fäulnissproducte anzeigt. So kann mit Hülfe dieses Indicators untersucht werden, ob etwa, und welche Infectionskrankheiten dieselben Schwankungen aufweisen wie jenes Ammoniak; es kann studirt werden, ob gewisse Krankheiten mit der im Grossen erfolgenden Zu- oder Abnahme der Fäulniss in der Natur in causalem Zusammenhange stehen, und welche Krankheiten das sind?

Solche Untersuchungen wurden bisher nicht angestellt und konnten es in Ermangelung einschlägiger Analysen nicht einmal werden. Es ist zu hoffen, dass in der Zukunft auch diese interessante wissenschaftliche Frage ihre gründliche Bearbeitung finden wird.

Digitized by Google

Die Gelegenheit, meine eigenen Ammoniakdaten mit den Morbiditäts- und Mortalitätsverhältnissen zu vergleichen, ist sehr verlockend. Doch halte ich die bisherige Beobachtungszeit für so kurz, so unzureichend, dass ein jedes ähnliche Herumtasten verfrüht wäre. Wer jedoch auf der beiliegenden Tafel die Curven des Ammoniaks und z. B. der Euteritis mit einander vergleicht, wird ein wenn auch nur lückenhaftes Zusammengehen beider beobachten können.

Die Angaben über den Ammoniakgehalt der atmosphärischen Luft — insoferne sie nur unter gleichen Verhältnissen und nach übereinstimmenden Methoden gesammelt wurden — können mit der Zeit auch darüber Aufschluss ertheilen, wie hoch die Verunreinigung durch Fäulnissproducte in der Atmosphäre einer Stadt, mit anderen Worten: wie es um die öffentliche Reinlichkeit in verschiedenen Städten bestellt ist? Gegenwärtig kann ich die Budapester Daten blos mit denen von Lévy und von Ville vergleichen. Dieser Vergleich gereicht Budapest nicht zur Ehre; hier ist nämlich der Ammoniakgehalt bedeutend höher als im Parke des Observatoriums am Montsouris. — Die Entgegnung, dass dieser Park am Rande von Paris, in der Nähe der freien Felder gelegen ist, und deshalb eine so ammoniakarme Atmosphäre besitzt, kann ich damit beantworten, dass Ville seine Untersuchungen im Inneren von Paris, in Vaugirard angestellt [1]) und ebenfalls weniger Ammoniak gefunden hat, als ich zu Budapest.

Dieser Auffassung entspricht auch die zu Glasgow gemachte Erfahrung. Je nachdem die einzelnen Stadttheile eine dichtere Bevölkerung, mehr Fabriken, eine grössere Luftverunreinigung hatten, stieg hier auch das Ammoniak in der Luft [2]). Diese Zunahme wird aus folgenden Zahlen ersichtlich; es waren im Kubikmeter Luft Ammoniak enthalten:

Western Infirmary	0,015 mg
Hospital Kennedy Street	0,019 „
Sailor's Home	0,024 „
Calton	0,044 „
Stirling Square	0,053 „

[1]) Vergl. oben. S. 68.
[2]) Vergl. oben. S. 71.

Digitized by Google

Drittes Capitel.

Das atmosphärische Ozon.

Auf das atmosphärische Ozon bezügliche Beobachtungen habe ich selbst bisher nicht angestellt; die königl. meteorologische Centralanstalt führt jedoch seit Jahren Ozonbeobachtungen aus. Auf Grund der Publicationen dieser Anstalt habe ich die Durchschnittswerthe für die Tages- und Nachtsozonmenge in die Tafel II. (Fig. 6) aufgenommen.

In der Centralanstalt, wie auch anderwärts, werden die Beobachtungen mittelst Ozonpapiers ausgeführt. Ich besitze darüber keine eigene Erfahrung, ob die von Lévy[1]) vorgeschlagene chemische Bestimmung des Ozons mit arseniksaurem Kali verlässlicher ist, als diese Methode.

Ich muss gestehen, dass die Ozonbeobachtungen, so wie sie allgemein ausgeführt werden, ihren hygienischen Werth in meinen Augen schon seit Jahren eingebüsst haben. Ich sehe nämlich die an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten erhaltenen Ozonmengen nicht so sehr davon abhängen, wie hoch überhaupt die Ozonmenge in der freien, weiten Atmosphäre sich beläuft, sondern — abgesehen von anderen nebensächlichen, in den Mängeln der Beobachtungsmethode begründeten Abweichungen — vielmehr davon, in welchem Stadttheile die Beobachtungsstation errichtet wurde, und aus welcher Richtung die Luft zum Beobachtungsorte gelangt; ob von der Stadt, oder von der Umgebung her? Die aus der Stadt anlangende Luft weist beinahe immer eine beträchtliche Ozonverminderung auf, der conträre Wind aber eine starke Zunahme.

[1]) Vgl. Ann. de l'Observ. d. Montsouris. 1879, S. 416.

Digitized by Google

Einige nahegelegene Beispiele werden uns vom Sachverhalt sogleich überzeugen. Zu Budapest liegt die Ozonbeobachtungsstation westwärts vom Gros der Stadt; an dieser Stelle wird also der Nordwest- und Westwind die Ozonmenge erhöhen, der Ost- und Südostwind hingegen herabmindern. Betrachten wir einmal z. B. einige Tage, ob sich die Sache wirklich so verhält?

Tag	Windrichtung und -Stärke			Ozongrad	
	Früh 7 U.	NM. 2 U.	A. 9 U.	Tag	Nacht
4. Februar 1877	W¹	SW¹	SW¹	5	0
5. „ „	S¹	W²	W³	0	6
18. „ „	N²	W²	W¹	6	7
19. „ „	W²	SW²	—	7	0
21. „ „	E²	E³	—	0	0
22. „ „	NW¹	NW²	W²	0	8
6. März „	E¹	E⁴	E²	0	0
7. „ „	NE¹	E³	W³	0	0
8. „ „	N²	W¹	W²	8	6
6. April „	N²	—	E¹	8	0
24. „ „	E¹	E²	E¹	2	0
25. „ „	NW⁴	W⁶	W³	10	6
1. Juni „	—	E¹	SW¹	0	0
2. „ „	W⁶	NW⁶	NW²	5	5
14. Juli „	W³	W⁴	W¹	8	7
15. „ „	E¹	SW²	E¹	1	0

Es mögen diese wenigen Beispiele genügen. Wer sich der Mühe unterwirft und in den Ausweisen des meteorologischen Instituts die Schwankungen der Winde und des Ozons vergleicht (siehe Tafel II. Fig. 5 und 6), wird wahrnehmen, dass das Ozon in dem Maasse zu- und abnimmt, als der Wind vorwiegend westliche oder östliche Richtungen einhält, also über die Strassen und Industrieetablissements der Stadt mehr oder weniger hinweggestrichen ist[1]).

Ein noch entschiedeneres Urtheil wird uns die Berücksichtigung der Daten anderer Beobachtungsstationen erlauben. Als Beispiel führe ich die Ausweise des Observatoriums am Montsouris an.

[1]) Auch der Einfluss der Windstärke darf nicht ausser Acht gelassen werden. Stärkere Winde erhöhen — wie dies auf der Tafel besonders gut zu ersehen ist — schon an sich das Ozon.

Digitized by Google

Diese Beobachtungsstelle liegt in der entgegengesetzten Richtung, als die zu Budapest, d. h. südwärts von Paris. Auf diese Station treffen also die Nord-, Nordost- und Nordwestwinde über die Stadt, die Süd-, Südwest- und Südostwinde aber von den Feldern und Waldungen her ein. Und siehe da, im Gegensatz zu Budapest sind hier gerade die Süd-, Südwest- und Südostwinde die ozonreicheren, die nördlichen hingegen die ozonärmeren. Nach Lévy[1]) betrug das Mittel der zwischen Süd und West gelegenen Windrichtungen in 1877/78: 2,4 (mg in 100 cbm Luft); das Mittel der zwischen Nord und Nordost gelegenen Windrichtungen aber 1,0.

Das Gesagte in Betracht gezogen, weiss man nun, was von jenem Naturgesetze zu halten ist, welches Lévy folgendermaassen ausdrückt[2]): „Nous avons montré .... l'influence, que la direction des vents exerce sur les quantités d'ozone dosé. Toutes les fois ..., que le vent tourne vers les regions ouest par le sud, l'ozone se manifeste d'une manière abondante; lorsque le vent tourne vers le Nord, immédiatement l'ozone disparaît plus ou moins complètement."

Aus den dargelegten Gründen werden die Ozonbeobachtungen in hygienischer Beziehung so lange von geringem Werthe sein, als die Irrthumsquelle, auf die ich hingewiesen habe, nicht umgangen oder beseitigt sein wird.

Zu diesem Zwecke rathe ich schon seit Jahren die Ozonbeobachtungen so zu organisiren, dass in der Umgebung der Städte mehrere Stationen etablirt werden, in denen bei jeder beliebigen Windrichtung jene Luft — und zwar nach möglichst vervollkommneten Methoden[3]) — untersucht werden kann, welche über die Städte und Fabriketablissements noch nicht hingezogen ist, um so im reinen Luftkreise die factische Ozonmenge bestimmen zu können. Diesem gegenüber müssen auch im Inneren der Städte Parallelbeobachtungen ausgeführt werden, um zu sehen, wie viel Ozon an einem bestimmten Orte zu bestimmter Zeit aus der Atmosphäre verschwunden, verbraucht worden ist.

---

[1]) Ann. de l'Observ. d. Montsouris. 1879, S. 422.
[2]) Ibidem. [3]) Vgl. den Aufsatz von Wolffhügel in d. Zeitschr. f. Biol. 1875, S. 408.

Digitized by Google

Viertes Capitel.

Der atmosphärische Staub.

Literatur.

Schon in den ältesten Zeiten ist dem Gehirne denkender Männer die Idee entsprossen, dass die Krankheiten durch staubförmige Stoffe verursacht werden, welche in der Atmosphäre schweben und durch die Respiration in den Organismus gelangen.

Jedenfalls ist Ehrenberg der erste wissenschaftliche Erforscher des atmosphärischen Staubes; er war es, der schon vor einem halben Säculum den Staub allerorts zu sammeln begann und ihn auf seine mikroskopischen Bestandtheile untersuchte. Es müsste mich zu weit führen, wollte ich von ihm bis zu unseren Tagen die gesammte einschlägige Literatur zu Ende betrachten. Sie ist durch die Einbeziehung einerseits der Lehre über die Urzeugung, andererseits der Studien über Gährung und Fäulniss zu einem Umfange angewachsen, welcher sie einer speciellen literaturhistorischen Bearbeitung würdig macht [1]).

Bei den aus hygienischen Rücksichten vollzogenen Untersuchungen des atmosphärischen Staubes war man hauptsächlich bestrebt, darauf zu kommen, ob denn zur Zeit gewisser Epidemien, oder an Orten, welche von gewissen Krankheiten besonders heimgesucht werden, in der Luft, dem Wasser oder im Innern des Körpers ein Organismus, ein Parasit etc. von bestimmter Form gefunden

[1]) Einigermaassen können diesbezügliche Mängel die folgenden Werke ersetzen: Magnin, Les Bacteries, Paris 1878; Hiller, die Lehre von der Fäulniss, Berlin 1879. Ferner die Abhandlungen von Miquel in Annuaire de l'Observ. de Montsouris, 1879, 1880.

Digitized by Google

werden kann? Die fleissigsten Untersuchungen des atmosphärischen Staubes wurden also gewöhnlich während der Herrschaft von Epidemien oder am Schauplatze von infectiösen Endemien angestellt; — so von Swayne[1]), Brittan und Budd[2]), Baly und Gull[3]) in England während der Choleraepidemie 1848/49, — von Rigaud de l'Isle[4]), Moscatti (1818), Gigot[5]), Becchi[6]), Salisbury[7]), Balestra[8]), Klebs[9]) aber in verschiedenen Wechselfieberdistricten von Europa und Amerika.

Alle diese an sich mühevollen und lehrreichen Arbeiten waren jedoch keine systematischen Forschungen in der Richtung, um die Qualität und Quantität des atmosphärischen Staubes überhaupt, und seine hygienischen Eigenschaften und seine Rolle insbesondere klar zu stellen. Näher schon kamen dieser Richtung die Untersuchungen von Pouchet[10]), Pasteur[11]), Burdon-Sanderson[12]), Lemaire[13]), Tyndall, ferner Dancer[14]), Robin[15]), Maddox[16]), Lichtenstein[17]), Douglas Cunningham[18]); hauptsächlich aber neuestens Tissandier[19]), Miquel[20]) und Miflet[21]).

Diese Forscher äusseren sich alle ziemlich einstimmig dahin, dass die Atmosphäre mit ungemein kleinen Staubkörnchen erfüllt ist.

Die Menge dieses Staubes haben Mehrere und auf verschiedene Weise zu bestimmen versucht. Tissandier[22]) leitete die zu untersuchende Luft durch eine U-förmige Röhre, in welcher sich destillirtes Wasser befand; in langsamem Strome leitete er grosse Luftmengen durch das Wasser, trocknete dieses ein und brachte das gefundene Gewicht als atmosphärischen Staub in Rechnung. Bei seinen zu Paris in den Jahren 1870 bis 1872 nach dieser Methode ausgeführten Analysen fand er in einem Kubik-

---

[1]) The Lancet, 1849. — [2]) London. med. Gazette, 1849. — [3]) Lancet, 1849. — [4]) Bibl. univ. de Genève, 1816, 1817. — [5]) Recherches expér. sur la nature des émanations marécageuses. Paris, 1858. — [6]) C. R. T. LII, (1861), S. 852. — [7]) Americ. journ. of. med. Science, 1866. — [8]) C. R. T. LXXI, (1870), S. 235. — [9]) Arch. f. exp. Path. 1879. — [10]) Etudes des corpuscles en suspension dans l'atmosphère. — [11]) Annales de Chim. et de Phys. (3), T. XIV, (1862), S. 27. — [12]) Appendix to the 13-th Report of the medical officer to the Privy Council; for 1871. — [13]) C. R. 1864, I, 317; 1867, II, S. 492. — [14]) Vgl. Smith, Air and Rain, London, 1872, S. 484. — [15]) Traité de microscope. Paris, Baillière et fils. — [16]) Monthly journ. of the micr. Society. 1870, 1871. — [17]) Berl. klin. Wochenschr. 1874, Nr. 45 u. ff. — [18]) Microsc. examin. of airs. Calcutta. Vgl. Ann. de l'Observ. d. Montsouris 1879, S. 445. — [19]) Les poussières de l'air. Paris, 1877. — [20]) Vgl. Ann. de l'Observ. de Montsouris 1879, 1880. — [21]) Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Herausgegeben von Ferd. Cohn. Bd. III, Heft 3, 1879. — [22]) A. a. O. S. 2.

Digitized by Google

meter Luft 6 bis 23 mg Staub; die erstere Menge bei regnerischem Wetter, die letztere an trockenen Tagen. Bei den im Jahre 1875 auf dem Lande ausgeführten Untersuchungen fand er bei feuchter Witterung blos 0,25 mg Staub, bei trockenem Wetter 3 bis 4,5 mg.

Derselbe Forscher untersuchte den atmosphärischen Staub zu Paris auch auf jene Weise, dass er eine grosse Tafel mit 1 qm Oberfläche, welche mit Zinnpapier überzogen war, im Freien aufstellte, den Staub, welcher sich darauf gelagert hatte, täglich mit einem feinen Besen sammelte, und ihn dann untersuchte. Mit diesem Verfahren fand er bei einer mehrere Tage hindurch fortgesetzten Beobachtung, dass sich in 24 Stunden 2,1 bis 12,1 mg Staub auf die Tafeloberfläche gelagert hatten.

Tissandier hat den mit diesen Methoden erhaltenen Staub auch chemisch geprüft und gefunden, dass er 25 bis 34 Proc. verbrennbarer — organischer — und 75 bis 66 Proc. unverbrennbarer — anorganischer — Bestandtheile enthält. — Auch Tichborne[1]) hat zu Dublin Staub gesammelt und untersucht: wie viel darin die organische und wie viel die anorganische Substanz ist. Er fand, dass der in einer Höhe von 134′ gesammelte Staub 29,7 Proc., der in den Strassen gesammelte aber 45,2 Proc. verbrennbarer Bestandtheile enthält.

Als mikroskopische Bestandtheile des atmosphärischen Staubes werden die verschiedensten Körper, animale und pflanzliche Organismen, deren Fragmente etc. beschrieben; darunter die Eier von Entozoen, Keime von Schimmelpilzen, Hefepilze, Bacterien; dann angebliche Schleimzellen, Eiterkörperchen in der Atmosphäre von Krankenzimmern etc.[2]).

Eine Zeit lang schien es zweifelhaft, ob in der Atmosphäre Bacterien vorkommen; Burdon-Sanderson hat ihre Anwesenheit daselbst geleugnet. Nach ihm haben auch Andere (Rindfleisch, Cohn) die Beobachtung gemacht, dass Pasteur- oder Cohn'sche Nährflüssigkeit oder eine nicht neutralisirte Fleischextractlösung sich nicht trübten, obschon sie längere Zeit an der Luft offen gestanden waren. Diese Beobachtung fand jedoch ihre Erklärung sehr bald in der Erfahrung, dass eingetrocknete Bacterien keinen grossen Hang haben, in gewissen Nährflüssigkeiten

[1]) Chem. News 1870. Vgl. Parkes' Practical Hygiene.

[2]) Den atmosphärischen Staub cosmischen Ursprunges behandelt eingehend Tissandier im oben angeführten Werke.

Digitized by Google

(speciell in den soeben angeführten) zu neuem Leben zu erwachen, sich zu vermehren, während sie sich in anderen Nährsubstanzen, besonders in den eiweissartigen, rasch beleben und vermehren [1]).

Zur Sammlung des atmosphärischen Staubes behufs mikroskopischer Untersuchung wurden verschiedene Methoden in Anwendung gebracht. Pouchet hat zu diesem Zwecke sein sogenanntes „Aëroskop" construirt, welches allgemein bekannt ist. Aehnlich war das „Aëroconiskop" von Maddox, mit dem Unterschiede, dass letzteres die Luft, welche den Staub auf die mit Glycerin befeuchtete Glasplatte ablagerte, nicht mit einem Aspirator ansog, sondern durch einen dem Winde zugekehrten Trichter direct auf die Glasplatte leitete. Pasteur hat die Luft durch Schiessbaumwolle aspirirt, dann diese in Aether aufgelöst und den Bodensatz untersucht. Dancer hat in ein reines Gefäss etwas frisches destillirtes Wasser gegossen, und liess dann durch wiederholtes Auspumpen der Flasche immer neue und neue Luftparthien eindringen, welchen er den Staub beim Durchschütteln mit dem Wasser entzog. Cohn leitete die zu untersuchende Luft mittelst eines Aspirators durch ausgekochte Nährflüssigkeit (Cohn'sche Lösung), welche letztere er dann bei entsprechender Wärme der Züchtung unterwarf [2]). Dasselbe Verfahren hat neuestens auch Miflet im Cohn'schen Laboratorium angewandt [3]). Miquel hat die Luft mit einem Wasseraspirator angesaugt, und durch eine feine Oeffnung auf eine Glycerinoberfläche geleitet; derselbe hat ausserdem — wie Maddox — den Staub durch einen Trichter von dem Winde auf das Glycerin ablagern lassen.

Mehrere Forscher haben sich bei solchen Untersuchungen nicht begnügt, zu wissen, dass in der Atmosphäre Sporen und andere organisirte Körperchen in grösserer oder geringerer Menge zu finden sind, sondern getrachtet, sie auch abzuzählen und mit der Luftmenge, in der sie gefunden wurden, zu vergleichen. — Zu diesem Zwecke wurden z. B. die an der Glycerinoberfläche vorgefundenen Körperchen abgezählt und mit der aspirirten Luftmenge oder mit den bei verschiedenen Windschnelligkeiten durch den Trichter strömenden Luftmassen verglichen. Dancer hat in einem Tropfen des zum Auswaschen benutzten Wassers die erkennbaren Sporen abgezählt, und aus

---

[1]) Gunning, Versammlung d. Aerzte und Naturforscher in Cassel, 1878.
[2]) Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Bd. I, Heft 3, S. 148.
[3]) Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Bd. III, Heft 3, (1879), S. 119.

Digitized by Google

ihrer Anzahl auf die Gesammtmenge der Sporen in dem ausgewaschenen Luftquantum gefolgert [1]).

Ich muss mit Bedauern constatiren, dass diese Forschungen, sowie die dazu angewandten Methoden dem Ziele, welches uns die Hygiene in dieser Richtung steckt, kaum entsprechen. Mit ihrer Hilfe kann weder die Anzahl, noch weniger aber die Natur, oder, um mich so auszudrücken, die Individualität der Staubkörperchen bestimmt und erforscht werden. — An der Oberfläche des Glycerins sowie im Waschwasser bleibt bloss ein Theil der Körperchen haften; ein anderer, vielleicht eben der wichtigste Theil flieht weiter [2]). Ferner ist die mikroskopische Untersuchung der an der Glycerinoberfläche haftenden oder im Wasser schwimmenden Körperchen ein sehr unvollkommenes Verfahren, um dadurch die Natur jener Körperchen näher zu bestimmen; es ist dort unmöglich, die wirklichen Sporen, die wahrhaftigen Bacterien alle zu erkennen; noch weniger ist es möglich, aus dem einfachen, sporenartigen Körperchen auf den Mutterpilz oder die Hefe, oder aus dem formlosen, unendlich kleinen Fragmente auf die Bacteriengattung zu folgern [3]). — Wenn wir aber auf die Weiterentwickelung der Sporen und Bacterien warten, um uns über die Natur der unbekannten Körperchen und Fragmente zu orientiren, so tritt inzwischen Fäulniss ein, welche jedweden Abzählungsversuch einfach unmöglich macht. Kaum wird es endlich möglich sein, mit auf diese Weise gesammeltem Staube pathologische Versuche, Infectionen auszuführen.

Bei den eigenen Versuchen und Untersuchungen habe ich mir die Aufgabe gestellt: 1) die Menge des atmosphärischen Staubes zu bestimmen; 2) die im atmosphärischen Staube vorkommenden Organismen durch eine zweckmässige Züchtungsmethode von Tag zu Tag zu beobachten; 3) die Natur der gezüchteten Organismen durch

---

[1]) Auf Grund solcher Untersuchungen hat Dancer in einem Wasser, welches Smith mit 2495 Liter Luft geschüttelt und behufs mikroskopischer Untersuchung ihm eingesendet hatte, 37½ Millionen Sporen gezählt. (Smith, Air and Rain, S. 487.) Andere fanden bei ähnlichen Untersuchungen kaum ebenso vielmal Hunderte. Miquel (a. a. O.) fand in den Monaten Juni bis November 1878 in einem Liter Luft folgende Sporenmengen: 41,8, 19,5, 25,3, 11,6, 18,6, 10,9. Die meisten Sporen waren nach einem Regen zu finden, die wenigsten bei trockener Witterung. Cunningham (Douglas) machte zu Calcutta nicht die Erfahrung, dass nach dem Regen mehr Sporen in der Luft wären.

[2]) Bekanntermaassen kleben Bacterien nur schwer an Flüssigkeiten.

[3]) Derselben Ansicht huldigen Cunningham u. A.

Digitized by Google

Impfungen und Injectionen vom pathologischen Gesichtspunkte zu erforschen. Es sei mir gestattet, meine diesbezüglichen Studien in diese Punkte zusammengefasst vorzutragen.

Menge des atmosphärischen Staubes.

Der Menge des atmosphärischen Staubes kommt in zwei Richtungen eine hygienische Bedeutung zu; einerseits kann aus der grösseren oder geringeren Menge auf die Grösse des Schadens gefolgert werden, welchen der Staub in verschiedenen Zeiten auf die Respirationorgane ausübt; anderseits kann aus ihr auch darauf ein Schluss gezogen werden, wann die Verunreinigung der Luft durch die von der Bodenoberfläche emporgefegten winzigen Körperchen zu- oder abnimmt.

Bei meinen Untersuchungen richtete ich besonders auf letzteren Gesichtspunkt meine Aufmerksamkeit und war bemüht, ihn ins Reine zu bringen; deshalb habe ich auch nicht so sehr darnach geforscht, wie viel Staub über dem Bodenniveau in jener Höhe, wo sich die Passanten in den Strassen am Meisten bewegen, zu verschiedenen Zeiten enthalten ist; ich wollte auch nicht erfahren, wann durch die Winde der meiste grobkörnige, die Luftwege vorwiegend angreifende Pflasterdetritus aufgewirbelt wird; mit einem Worte: ich habe nicht nach jenem Staub und seiner Menge geforscht, welcher wegen der Verletzung der Respirationsorgane eine besondere Wichtigkeit geniesst, sondern jenen Staub untersucht, welcher aus den feinsten Partikeln besteht, welcher sich höher erhebt als bis wohin der gewöhnliche Strassenverkehr den Staub aufwirbelt, dessen Menge also auch nicht so sehr vom Verkehr, sondern von jenen atmosphärischen Verhältnissen abhängig ist, welche die allgemeinere Austrocknung der Bodenoberfläche, ferner die Entwickelung und das in die Höhe steigen feiner Körperchen befördern.

Nägeli hat, wie bekannt, die Theorie aufgestellt[1]), dass die Infectionsstoffe nicht durch das Trinkwasser, auch nicht durch die Grundluft verbreitet werden, sondern dadurch, dass sie zerstäuben, und auf diese Weise zu Zeiten mehr oder weniger in der Luft zerstreut werden. Der Schauplatz dieser Zerstäubung wäre in erster Reihe die Bodenoberfläche. Es ist klar, dass diese Zerstäubung

[1]) Die niederen Pilze. München, 1877.

Digitized by Google

der Infectionsstoffe und ihre Verbreitung in der Atmosphäre auf jenen Zeitraum fallen wird, wenn in der Natur überhaupt die meisten kleinen Körperchen sich von der Bodenoberfläche abheben und in die Höhe gelangen können. — Deshalb können jene Daten, welche uns darüber Aufschluss ertheilen, wann die Atmosphäre an feinen, staubförmigen Körperchen am reichsten ist, auch zur Erprobung der Nägeli'schen Theorie angewendet werden. — Jener Tag, jener Zeitraum, an welchem der Staubgehalt der Atmosphäre zunimmt, wird — nach der Nägeli'schen Theorie — dem Auftreten und der Verbreitung von Infectionskrankheiten günstiger sein, als jener Zeitraum, wenn der atmosphärische Staub bis zum Minimum abnimmt.

Ich habe die Menge des atmosphärischen Staubes vom September 1878 bis Ende October 1879 ununterbrochen beobachtet, und zwar in 5- bis 10tägigen Zwischenräumen. In diesen Zeiträumen habe ich die zu untersuchende Luft, gewöhnlich etwa 5 bis 15 Kubikmeter, durch einen Apparat aspirirt, welcher den Staub zurückhält, und dann die Gewichtszunahme des Apparates bestimmt.

Zur Bindung des Staubes habe ich eine sehr leichte Glasröhre verwendet, in welcher eine 8 bis 10 cm betragende Schichte sehr feiner etwas zusammengedrückter Glaswolle enthalten war. Hinter der Wolle wurde ein Pfropf aus zusammengeknittertem feinen Drahtnetz angebracht, um zu verhindern, dass durch die Aspiration der Luft feine Partikel der Wolle fortgerissen werden. An diesem Ende war die Glasröhre dünner ausgezogen und konnte hier mit einem Kautschukrohre verbunden werden, durch welches ein Bunsen'sches Wassertrommelgebläse die zu untersuchende Luft aspirirte. Die Menge der letzteren wurde durch eine Gasuhr gemessen, welche die Luft passirte.

Der Durchmesser des Glaswollerohres betrug 16 bis 18 mm; nachdem 24-stündlich ein Kubikmeter Luft durch den Apparat aspirirt wurde, folgt, dass die Luft mit einer Geschwindigkeit von 4 bis 5 Centimeter pro Secunde durch den Apparat strich, langsam genug also, um hoffen zu können, dass der grösste Theil des Staubes darin abgelagert wurde. Eine durch längere Zeit fortgesetzte Beobachtung hat mich auch davon überzeugt, dass nur die Anfangstheile der Wolle durch den Staub eine Bräunung erlitten; die hinteren Parthien blieben ganz rein und weiss.

Bevor ich die Röhre zur Aspiration eingeschaltet hatte, wurde sie vorerst 5 bis 10 Tage hindurch in einem Exsiccator über Chlor-

Digitized by Google

calcium ausgetrocknet und in einer trockenen Wage rasch abgewogen. Ebenso wurde die Röhre nach der Aspiration neuerdings in denselben Exsiccator gebracht und die Gewichtszunahme erst nach einer 5 bis 10 Tage lang fortgesetzten Austrocknung abgewogen.

Der Apparat wurde im Fenster des hygienischen Laboratoriums 5 m über dem Strassenniveau angebracht und die zur Aspiration dienenden Röhren durch Löcher in dem doppelten Fensterkreuze zum Aspirator hereingeführt. Ferner gab ich der Wolleröhre eine schwach nach abwärts gehende Richtung, damit grössere Staubkörner, Kehricht etc. nicht leicht hineinfallen können; endlich erwähne ich noch, dass die Glasröhre in eine etwas weitere und um $^1/_2$ cm längere Blechröhre gefasst war, damit kein Regenwasser hineinträufeln könne.

Die Resultate der unter diesen Cautelen ausgeführten Beobachtung sind auf Tafel I. Fig. 7 ersichtlich [1]).

Im Durchschnitte betrug die Menge des Staubes während der $13^1/_2$ Monate 0,4 mg im Kubikmeter Luft.

Eine Durchsicht der erwähnten Figur wird beweisen, dass die Menge des atmosphärischen Staubes fortwährenden Schwankungen unterworfen ist, welche von einem 5- bis 10tägigen Zeitraum zum anderen sehr beträchtlich sein können. Im Ganzen genommen herrscht trotzdem eine gewisse Gesetzmässigkeit in diesen Schwankungen. Besonders wird das hervortreten, wenn man die obigen Angaben nach Monaten und Jahreszeiten zu Mittelwerthen zusammenfasst. Es werden dann die mittleren Gewichte die folgenden sein:

1878	September . . .	0,77	
„	October	0,28	Herbst: 0,43
„	November . . .	0,25	
„	December . . .	0,24	
1879	Januar	0,28	Winter: 0,24
„	Februar	0,19	
„	März	0,50	
„	April	0,19	Frühling: 0,35
„	Mai	0,36	

[1]) In dieser Figur entspricht jeder Millimeter Höhe 0,02 mg Staub im Kubikmeter Luft; 50 mm = 5 cm Höhe bedeuten also 1·0 mg Staub.

Digitized by Google

1879	Juni	0,75	
„	Juli	0,41	Sommer: 0,55
„	August	0,49	
„	September . . .	0,43	
„	October	0,43	Herbst: 0,43

das heisst: die Staubmenge ist im Winter und Frühling am geringsten, im Sommer und Herbst am grössten.

Die Staubmenge in der Atmosphäre wird durch verschiedene Einflüsse regulirt; über diese liefert uns eine Vergleichung der respectiven Figuren auf den beiliegenden Tafeln den erwünschten Aufschluss. Es wird dort ersichtlich, dass die Feuchtigkeit, also die Regenfälle, und die darauf folgende Trockenheit die Staubmenge am entschiedensten steuern; erstere vermindern, die letztere vermehrt den Staub. Es ist das eine so regelmässig wiederkehrende und dazu eine so natürliche Erscheinung, welche jede weitere Beweisführung und Erklärung erlässlich macht.

Für den ersten Blick könnte auffallen, dass die Winde keine Parallelität mit dem atmosphärischen Staub aufweisen, zumindest keine regelmässige, nicht einmal eine häufige. Doch kann die Erklärung dieser Beobachtung leicht gefunden werden, wenn man sieht, dass mit den Winden gewöhnlich regnerische Witterung einherzugehen pflegt, welche dann das Aufwirbeln des Staubes hintanhält. Wenn mit den Winden trockne Witterung einherging, wie z. B. Anfangs März, oder im ersten Drittel des Juli, so stieg parallel mit den Winden auch die Staubmenge.

Ich halte es für verfrüht, die Staubmenge mit dem Verhalten der Krankheiten schon heute zu vergleichen; der aufmerksame Beobachter wird aber in den respectiven Figuren wiederholt auf eine gewisse Uebereinstimmung zwischen der Staubmenge und z. B. dem Wechselfieber oder der Enteritis stossen.

Die organisirten Körperchen des atmosphärischen Staubes.

Untersuchungsmethoden.

Um die Organismen des atmosphärischen Staubes und darunter auch die winzigsten und seltensten erkennbar zu machen, habe ich zu Züchtungen gegriffen.

Es erleidet keinen Zweifel, dass das der einzige Weg zur Erkenntniss dieser Organismen, zum Studium der Bacterien ist, welche

Digitized by Google

beim heutigen Stande unserer Kenntnisse in hygienischer Hinsicht das grösste Interesse besitzen. Während nämlich zum Erkennen der Infusorien, Monaden, Diatomeen, sogar der Algen und Anderer in den meisten Fällen ein Blick auf das mikroskopische Bild des frisch aufgefangenen Staubes hinreichen dürfte: sind weder die Bacterien noch die Hefepilze, ja nicht einmal die Schimmelpilze auf diesem Wege mit Bestimmtheit zu erkennen. Von diesen flattern bloss formlose Fragmente oder von einander nicht zu trennende kugelige Partikel — vielleicht die Sporen oder das eingetrocknete Protoplasma — in der Luft umher und sind in dem aufgefangenen Staube zu finden; aus diesen Fragmenten oder sphäroiden Körperchen weiss aber Niemand anzugeben, welchen Ursprunges sie sind und welche Zukunft sie haben.

Trotzdem sich schon so Viele und so gründlich mit den letzteren Organismen, namentlich mit den Bacterien befasst haben, und deren häufigste, auffälligste Formen schon so oft beschrieben wurden, denke ich doch, dass unsere Kenntnisse über ihre verschiedenen Formen, sowie über die verschiedene Natur der verwandten Formen, ferner über einige selten vorkommende, aber eben deshalb vielleicht wichtigere Formen, noch sehr lückenhaft sind. Und ist das Alpha der auf diese Organismen gerichteten Untersuchungen noch immer das, möglichst alle Formen, alle Erscheinungsarten der im atmosphärischen Staube vorkommenden Organismen zu erforschen, aufzusuchen, um auf diese Weise eventuell deren selbstständige Individualität zu erkennen. Die Grundbedingung jedes weiteren Fortschrittes und jeder weiteren Folgerung bleibt die Erkenntniss der mikroskopischen Fauna, besonders aber der Flora der Atmosphäre. Hat man das einmal mehr oder weniger erreicht, so wird auch weiteren Anforderungen entsprochen werden können; man wird untersuchen können, welche die häufigeren Formen sind? in welchen Zeiträumen sie vorkommen? mit welchen Naturverhältnissen, mit welchen hygienischen Erscheinungen ihr Vorkommen einhergeht? ob zur Zeit von Epidemien specifische Formen zu finden sind? etc.

Die Untersuchungen müssen also fortlaufende und langdauernde sein; sie müssen es ferner ermöglichen, dass die Resultate von einem Tag zum anderen eben so vergleichbar seien, wie von einem Jahre zum anderen.

Habe ich nachzuweisen, wie durch diese Anforderungen die Bestimmung der Untersuchungsmethode schwierig und ihre Leitung lästig wird? Eine solche Arbeit ist um so drückender, weil sie eine

Digitized by Google

ungemein grosse Mühe erheischt, und die Entscheidung des Resultates trotzdem beinahe gänzlich in der Hand des Zufalles gelegen ist. Der Forscher hat sich zu Hunderten, ja Tausenden von Züchtungen und ihrer mikroskopischen Untersuchung zu entschliessen, und trotzdem weiss er nicht, ob die Möglichkeit des Erfolges nicht gänzlich und schon von vorne herein ausgeschlossen ist, z. B. dadurch — was er zu Beginn der Untersuchungen nicht einmal ahnen konnte —, dass alle die Gesundheit beeinflussenden Organismen, oder eine und die andere ihrer wichtigsten Formen eben in der gewählten Nährsubstanz oder bei dem eingeschlagenen Züchtungsverfahren zu keiner lebenskräftigen Entwickelung fähig sind.

Ich habe also die Sache reiflich erwogen, bevor ich mich zur Züchtungsmethode entschloss.

Als Nährsubstanz musste ich jene wählen, von der schon a priori am meisten vorauszusetzen war, dass sie ein entsprechendes Nahrungsmittel für alle Organismen abgeben wird, von denen wir vermuthen, dass sie von dem Verbrauch der Grundsubstanzen des menschlichen Körpers leben und durch dieses Leben Krankheitsprocesse zu Stande bringen. Andererseits ist es ein wesentliches Erforderniss der Nährsubstanz, dass sie bei den Züchtversuchen sehr leicht und bequem zu handhaben sei.

Dass die Befürchtung, wonach etliche Bacterienarten sich in gewissen Nährsubstanzen nicht so leicht entwickeln können, berechtigt ist, darauf verweisen mehrere Anzeichen; in der Cohn'schen und Pasteur'schen Flüssigkeit können sich z. B. — wie bereits erwähnt — die im ausgetrockneten Zustande hineingerathenen Bacterien kaum entwickeln; die saure Fleischextractlösung ist ebenfalls eine sehr ungünstige Nährsubstanz. Hingegen ist bei anderen Substanzen wieder zu befürchten, dass in ihnen hauptsächlich nur gewisse Bacterienarten heimisch sind, während eine andere Gattung sich darin nur dann entwickelt, wenn sie massenhaft hineingerathen ist. So ist z. B. im Harn der Micrococcus ureae heimisch; selten kommt es vor, dass sich darin eine andere Form entwickelt. In den mineralischen Nährlösungen (Cohn'sche, Pasteur'sche Flüssigkeit) vermehrt sich besonders das Bacterium termo [1]). In dem Milchserum sind wieder specifische Spaltpilze, die angeblichen (Pasteur) Erreger der Milch- und Buttersäuregährung, zu Hause, andere Bacterienformen aber gar nicht.

[1]) Vgl. Cohn, Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Bd. III, Heft 3, S. 124.

Digitized by Google

Am entsprechendsten zur Züchtung scheint jene Flüssigkeit zu sein, welche die Substanzen des menschlichen Körpers enthält, speciell Blut, verschiedene Sera, Eiweiss (vom Ei), Leim etc., und wirklich beweist die Beobachtung, dass in diesen jede Bacterienform sehr üppig wuchert. Zwischen ihnen wünschte ich also zu wählen.

Das Blut erschien mir besonders empfehlenswerth, doch ist mit ihm nichts anzufangen, weil es nicht zu sterilisiren, nicht bacterienfrei zu bringen ist. Beim Kochen zerzetzt es sich und wird unbrauchbar; ohne gekocht zu werden, ist es aber selten und schwierig in bacterienfreiem Zustande zu erhalten. Auch das Hühnereiweiss taugt zu keinen Züchtungen, weil es beim Kochen gerinnt. Die zweckmässigste Nährsubstanz ist die von Klebs empfohlene und gebrauchte Ichthyocolla, die Hausenblaselösung, weil sich in ihr die Bacterien sehr gut entwickeln, und weil sie ausserdem sehr leicht darzustellen, sehr leicht zu sterilisiren, mit einem Worte sehr leicht zu manipuliren ist.

Circa $1^1/_2$ bis 2 g Hausenblase in 3 bis 400 ccm Wasser digerirt, dann gekocht, geben eine Lösung, welche durch Decantation oder Filtration im wasserklaren Zustande zu erhalten ist; sie liefert bei der geringsten Infection die reichlichste Ernte. Wie man sich wird überzeugen können, waren in diesem Nahrungsmittel beinahe sämmtliche Bacterienformen darzustellen, welche bisher durch Züchtung überhaupt zur Entwickelung gebracht werden konnten; es haben sich in ihr sogar die Schimmelpilzformen sehr üppig entwickelt, mitunter sogar eine oder die andere Gährungspilzform. Hingegen war die Nährsubstanz sehr ungünstig für höhere Organismen, als Infusorien, chlorophyllhaltige Algen, Diatomeen, Entomostraca etc.

Dieses Differenzirungsvermögen der Nährsubstanz erscheint mir als ein nicht gering anzuschlagender Vortheil. Es gewinnt dadurch das Experiment an Klarheit.

Wohl kann hier die Befürchtung auftauchen, ob nicht gerade die eliminirten Organismen dem lebenden Thiere gegenüber specifische Eigenschaften besitzen? Eine bestimmte Antwort hierauf ist heute kaum noch statthaft. Es spricht wohl Alles dafür, dass die höher organisirten Wesen, wie Monaden, und überhaupt Infusorien, ferner auch die farbigen Algen etc., nicht im Stande sind, im Inneren des Thieres zu leben. Wer kann aber dafür bürgen, dass nicht wenigstens die Vegetationsproducte jener — z. B. die unbekannten

Digitized by Google

GENERAL LIBRARY UNIVERSITY OF MICHIGAN

Secretionen der Monaden oder Oscillarien — Krankheiten, Infectionen (z. B. Wechselfieber) bedingen, geradeso, wie es vorauszusetzen ist, dass die Secretionen anderer niederen Organismen, einiger Bacterienarten, die putride Infection verursachen, — oder wie es von den Absonderungen anderer noch höherer Pflanzen oder gar von Thieren (z. B. von den Alkaloiden, oder dem Infectionsstoffe der Wasserscheu und anderen animalischen Giften) bekannt ist, dass sie von einander verschiedene Infectionen erzeugen können.

Trotz dieser als berechtigt erscheinenden Bedenken habe ich doch die Hausenblaselösung gewählt, weil die Infectionsversuche von Klebs dafür sprachen, dass die Ichthyocolla thatsächlich eine sehr gute Nährsubstanz für gewisse wirksame Organismen ist; ich hielt mich auch deshalb an sie, und das $2^1/_2$ Jahre lang, weil es meine Arbeitskraft vollständig überschritten hätte, wollte ich die Züchtungsversuche mit mehreren Nährflüssigkeiten zu gleicher Zeit, ununterbrochen und Jahre hindurch anstellen.

Um den atmosphärischen Staub behufs der Züchtung aufzufangen, habe ich folgendes Verfahren gewählt: ich liess einige Kubikcentimeter der reinen Ichthyocollalösung auf den Boden von Probirröhrchen fliessen, ohne dass die obere Mündung der Eprouvette benetzt worden wäre. Die Probirröhrchen wurden mit 2 bis 3 cm hohen, leicht hineingedrückten Wattepfröpfen verstopft und dann in einem kupfernen Kessel in Wasser ausgekocht. Den Kessel öffnete ich erst nach dem Erkalten. Die auf diese Weise sterilisirte Ichthyocolla blieb Monate lang unverändert, wasserklar; im warmen Zustande eine ölige Flüssigkeit: hatte sie beim Erkalten eine gallertige Consistenz angenommen. Täglich wurde eine solche Eprouvette im Freien exponirt. In die gegen die Strasse gelegene Umfassungsmauer des chemischen Hofes liess ich etwa $2^1/_2$ m über dem Bodenniveau einen Keil einschlagen, auf welchem (in einer Vertiefung) die Eprouvette aufgestellt werden konnte. Beim Exponiren wurde die ausgekochte Probirröhre in langsamer Bewegung mit zwei Händen erhoben; hier mit einer Hand der verschliessende Pfropf herausgezogen und sofort in die Mündung der am vorigen Tage exponirten Eprouvette geschoben, welche nun aus ihrer Lage gehoben und durch die neue Eprouvette ersetzt wurde; diese verblieb bis zum nächsten Tage unberührt offen stehen, um dann auf dieselbe Weise abgelöst zu werden.

In die exponirte Eprouvette konnte den ganzen Tag hindurch Alles fallen, was dort in der Atmosphäre schwebte: anorganischer und organischer Staub.

Digitized by Google

Man kann sich eine annähernde Vorstellung darüber machen, wie viel Luft beiläufig die Mündung des Züchtröhrchens umkreist hatte und ihren Staub hineinfallen lassen konnte. Nimmt man nämlich an, dass die Luft mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von bloss 1 m pro Secunde über die circa 15 mm weite Oeffnung der Eprouvette hinwegstrich, und dass von dieser Luft eine wenigstens einen Millimeter betragende Schichte im oberen Theile der Eprouvette in den Wirbel gelangte: so hatten binnen 24 Stunden circa 1300 l Luft in der Mündung verkehrt und sind — durch den Strudel — in die Lage gekommen, dass sie den Staub in die ruhigere Luftschichte, auf die Oberfläche der Nährflüssigkeit, niederfallen lassen konnten.

Die vom Hofe hereingebrachte Ichthyocolla wurde bei Zimmertemperatur 14 bis 21 Tage lang ruhig stehen gelassen; während dieser Zeit hatte sie sich gewöhnlich getrübt und kamen darin die verschiedensten Organismen zur Entwickelung. Bei der Wahl der erwähnten Temperatur war einerseits maassgebend, dass sie ohne Kosten zu erreichen ist, während die künstliche Erwärmung, wird sie Jahre lang Tag und Nacht fortgesetzt, nicht unerhebliche Summen beansprucht. Doch verfügen auch die in Untersuchung gezogenen Substanzen in der freien Natur — wenn sie nämlich im Freien oder im Boden überhaupt eine Vermehrung erfahren können — höchstens über diese Temperatur, und über keine höhere, so dass die Beibehaltung dieser Temperatur auch zur künstlichen Züchtung vollkommen gerechtfertigt ist. Uebrigens pflegt die Wärme meiner Institutslocalitäten zu solchen Züchtungen sehr vortheilhaft zu sein, wenn sie es auch für die Gesundheit nicht ist. Es sind dort nämlich 22 und mehr Grade im Sommer und Winter sehr häufig; in der Regel beträgt die Temperatur mindestens 18 bis 20° C.

Nach Ablauf des erwähnten Zeitraumes wurden die Probirröhrchen durch Entfernen der Watte eröffnet und der Inhalt mikroskopisch untersucht.

Zu diesen Untersuchungen benutzte ich ein Seibert- und Kraft'sches Mikroskop, gewöhnlich die Objective 3 und 6 mit den Ocularen II. und III.

Mit der schwächeren Vergrösserung trachtete ich vorerst eine Orientirung über das unter dem Deckgläschen befindliche Präparat zu erhalten; darauf stellte ich mittelst der Revolvervorrichtung das stärkere Objectiv ein. Letzteres entspricht einer 600 resp.

Digitized by Google

900fachen Vergrösserung. Bei wichtigeren Untersuchungen griff ich zum Objectiv Nr. 9, welches eine 2880fache Vergrösserung gestattet.

Die gesehenen Bilder zeichnete ich sofort in ein Tagebuch. In den entsprechenden Fällen wurden die Weiterimpfungen oder die Injectionen in Thiere gleichfalls sofort ausgeführt.

Im November und December 1879 habe ich die atmosphärischen Organismen auf eine andere Art gesammelt und gezüchtet. Es wurde nämlich je 10 Tage hindurch mittelst eines Bunsen'schen Aspirators die Luft durch ausgeglühte Watte aspirirt; diese Watte ergriff ich nun mit einer vorher geglühten eisernen Pincette, theilte sie in zwei Parthien und warf sie in zwei Eprouvetten mit soeben ausgekochter und ausgekühlter Hausenblaselösung, welche dann in einem Luftkasten constant auf 30 bis 35° C. erhalten wurden. Eine der Ichthyocollaröhrchen wurde einfach mit Watte verschlossen in den Kasten gebracht; in dieser Eprouvette verblieb also die Luft in freier Communication mit der Nährflüssigkeit, wie das auch bei allen vorherigen Züchtgläschen der Fall gewesen. Die andere Eprouvette gab ich ebenfalls mit Watte verschlossen in eine weitere Röhre, auf deren Boden ich zur vollkommenen Absorption des Sauerstoffes Pyrogallussäure und Kali gebracht hatte, worauf die Mündung mit einem Kautschukstöpsel verwahrt und ausserdem noch mit Unschlitt übergossen wurde. In dieser Röhre geschah also die Züchtung bei Sauerstoffausschluss.

Die in der Atmosphäre vorkommenden Organismen, welche sich in Hausenblaselösung vermehrt hatten.

Ich werde jene Organismen, welche ich während der Untersuchungsdauer in den exponirten und untersuchten 646 Ichthyocollaproben lebend, gedeihend vorfand, kurz beschreiben.

Die häufigsten Gäste in der Ichthyocolla waren die Bacterien, Spaltpilze (Schizophytae, Cohn). Ich fand sie unter den Züchtröhrchen in 522, blos in 124 fehlten sie gänzlich. Sehr häufig begegnete ich auch verschiedenen Schimmelpilzen, nämlich in 171 Fällen, seltener schon solchen Zellenformen, welche ich zu den Spross (Gährungs-) pilzen zählen musste, sowie auch chlorophyllhaltigen Algen, Gregarinen, Palmellaformen, Infusorien etc.

Digitized by Google

a. Bacterien.

Den Bacterien sagt die Ichthyocollalösung gewiss sehr zu, weil sie in ihr so reichlich und in jeder erdenklichen Form gedeihen. Die verschiedenen Hauptformen der Bacterien waren jedoch nicht gleich häufig in der Nährflüssigkeit entwickelt; so waren z. B. in den 522 Züchtröhrchen 227 Mal Sphärobacterien, 440 Mal Microbacterien, 94 Mal Desmobacterien, und nur 26 Mal Spirobacterien zu beobachten. Von allen beobachteten Bacterienarten waren also 29 Proc. Sphäro-, 55 Proc. Micro-, 12 Proc. Desmo- und endlich 4 Proc. Spirobacterien [1]).

Bei der Aufzählung der Bacterienformen habe ich jene Gruppen und jene Nomenclatur zur Richtschnur genommen, welche Cohn, der competenteste Forscher auf diesem Gebiete, aufgestellt hat [2]). Ich kann indess nicht verschweigen, dass mir zur Charakteristik einiger Bacterienformen die von Billroth in Vorschlag gebrachten Benennungen: micro-, mezo-, megacoccus, micro-, mezo-, megabacterium etc. als viel zutreffender, verständlicher und auch praktisch vortheilhafter erscheinen; ausnahmsweise werde ich mich also im Ferneren auch dieser Ausdrücke und Benennungen bedienen.

Nägeli lehrt, dass alle Spaltpilze (Bacterien) derselbe Organismus sind, welcher blos dadurch zu den verschiedenen Formen gelangt, dass die einzelnen, den Grund des Pilzes bildenden kugeligen Zellen kleiner sind oder zu grösseren anwachsen, nach der Theilung getrennt verbleiben oder sich zu einer Kette an einander reihen etc. [3]). Derselben Ansicht haben auch andere Naturforscher gehuldigt, und die morphologischen oder Bewegungsunterschiede der Bacterien auf die Verschiedenheit der Ernährung zurückgeführt (Billroth).

Cohn wünscht die verschiedenen Bacterienformen als eben so viele Arten zu betrachten [4]), und hält es nicht für nachgewiesen, dass sich die verschiedenen Formen aus einer ursprünglichen ent-

---

[1]) Miquel sah, wenn er etwas Luft durch neutrale Fleischextractlösung leitete, unter 100 Fällen 6 Mal Micrococcen (Sphärobacterien), 6 Mal Bacterien (Microb.), 25 Mal Bacillen (Desmob.) und 1 bis 2 Mal Vibrionen (Spiro- und Desmobacterien) sich entwickeln. Vergl. Ann. de l'Obs. d. Montsouris, 1880, S. 475.

[2]) Vgl. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Herausgegeb. v. Dr. Ferdinand Cohn. Bd. I. und II., 1870 bis 1877. Besonders: Bd. I., Heft 2, S. 146.

[3]) A. a. O. S. 5.

[4]) A. a. O. Bd. I., Heft 3, S. 145.

Digitized by Google

wickeln würden. Meine eigenen Beobachtungen verfechten dieselbe Auffassung.

Ich habe bei meinen Untersuchungen constant dieselbe Nährsubstanz und in derselben Concentration angewendet; die Form des Züchtgefässes, sein Verschluss, die Temperatur waren gleichfalls beinahe vollkommen dieselben. — Trotzdem entwickelten sich zuweilen die verschiedensten Formen und in sehr abweichender Menge im Inneren ein und derselben Eprouvette, während ein anderes Mal ausschliesslich eine oder die andere Bacterienform zur Entwickelung kam, und die anderen Formen, selbst die allergewöhnlichsten, gänzlich fehlten.

Diese Erfahrung beweist, dass die Entwickelung oder das Ausbleiben der einzelnen Bacterienformen nicht von der Nährsubstanz abhängig war, auch nicht von dem Mehr oder Weniger der den Bacterien zur Verfügung stehenden Luft, und nicht von der Temperatur, sondern offenbar davon, welche Bacterienarten oder welche ihrer (bisher unbekannten) Keime in die Ichthyocolla gefallen waren.

Damit will bei weitem nicht gesagt sein, dass alle überhaupt bekannten Bacterienformen, wenn sie auch noch so wenig von ihren Gefährten differiren, deshalb auch schon eigene Bacterienarten wären. Es ist wahrscheinlich, dass manche Formen blos einen Uebergang zu anderen bilden, sowie dass manche Formen blos eine Entwickelungsstufe für eine andere repräsentiren. — Die hauptsächlichen Formen, besonders jene, welche Cohn in eigene Arten classificirt hat, sind aber aller Wahrscheinlichkeit nach in der That unabhängige Organismen, mit selbstständigem Ursprung, Vermehrung und Functionen, weil ich diese Formen wiederholt sich in derselben Züchtlösung, unter identischen Umständen, gesondert und für sich entwickeln sah.

Hierauf beruht die Nothwendigkeit dessen, die in der Ichthyocolla gezüchteten Bacterien mit besonderer Berücksichtigung der Formen von Tag zu Tag zu untersuchen. Wären alle Bacterienformen ein und derselbe Organismus, und wäre die Verschiedenheit der Form blos durch den Zufall bedingt: so würde es genügen, einfach zu constatiren, ob in der Züchtlösung Bacterien enthalten sind oder nicht.

Digitized by Google

Auch jene Erfahrung ist beachtenswerth, dass in ein und demselben Züchtröhrchen häufig die verschiedensten Bacterienformen neben einander vorkommen. Daraus folgt, dass sich bei genügendem Nahrungsstoff und bei hinreichender Luft die verschiedenen Formen sehr gut mit einander vertragen, einander nicht ausschliessen. Hieraus folgt weiter, dass an jenen Tagen, wo gewisse Formen nicht vorkamen, diese aller Wahrscheinlichkeit nach in der Atmosphäre nicht enthalten, oder zu mindest von da nicht in die Ichthyocolla gefallen waren, und vice versa: dass an jenen Tagen, wo gewisse Formen in der Nährlösung gefunden wurden, diese Bacterien auch in der Luft enthalten gewesen sind, — endlich, dass die Formen, welche und wann sie als vorwiegend beobachtet wurden, dann auch in der Luft vorherrschten.

Alle diese Ideen müssen gut vor Augen gehalten werden, wenn man über die Aufgabe und den Werth der fraglichen Züchtungsversuche zu einem Urtheile gelangen will.

α. Sphärobacterien (Kugelbacterien).

Kugelige Bacterien von verschiedener Grösse, im Ruhezustande, vereinzelt oder Ketten und Gruppen bildend (Coccos, diplo-, strepto-, petalo-, gliacoccos; micro-, mezo-, megacoccos, Billroth), habe ich, wie schon erwähnt, in 227 Gläschen beobachtet.

Am häufigsten waren die Formen, welche Billroth Micrococcos benannt hat, also die kleinzelligen Formen; häufig fand ich jedoch auch mezo- und megacoccos, d. h. grösserzellige und genauer begrenzte Formen als die vorigen [1]). Zuweilen waren alle drei Formen zu gleicher Zeit in derselben Probe zu sehen.

Ich gedenke nicht weitläufig zu erörtern, unter welchen Cautelen es möglich ist, die Sphärobacterien zu erkennen und von anderen Bacterien oder anderen Organismen und Körpern zu unterscheiden. Bei meinen Untersuchungen erleichterte mir nicht nur die lange Uebung diese Unterscheidung, sondern auch die Züchtmethode; in der reinen Ichthyocolla gelangten nämlich keine solchen Objecte zu Gesichte, welche von den Micrococcen nur schwer zu unterscheiden sind, als z. B. Fettkörnchen, oder Eiweissflöckchen oder anderweitiger Detritus.

Trotzdem bin ich weit entfernt, alle beobachteten kugeligen Bacterien für echte Sphärobacterien zu erklären. Trotz aller Vor-

[1]) Vgl. Billroth, l. c. S. 4 ff.; ferner Tafel I., Fig. 2, 3 und 4.

Digitized by Google

sicht konnte es in mehreren Fällen geschehen, dass ich fremde Organismen für Sphärobacterien hielt.

Es ist z. B. nicht unmöglich, dass ich in manchen Fällen die Keimkörnchen von Fadenbacterien (Cohn's „Dauersporen", Pasteur's „corpuscules brillants") als Micrococcen hinnahm; dieser Irrthum konnte jedoch blos in einzelnen zweifelhaften Fällen unterlaufen. Gewöhnlich ist nämlich die „Dauerspore" vom Micrococcus durch die stärkere Lichtbrechung, die ovale Form, die Gruppirung sehr gut zu unterscheiden. In Ausnahmsfällen blieb jedoch die Sache zweifelhaft; ich nahm dann als Richtschnur, ob in der Nährflüssigkeit Fadenbacterien oder deren bestimmte Spuren vorhanden sind, und ob sich an diesen glänzende Körnchen zeigen, und wie sie beschaffen sind.

Sehr schwierig ist die Lage auch dann, wenn gleichzeitig mit Mycelfäden auch zoogloeaartige Massen zwischen dem Geflechte vorkommen und dieses mit einander gewissermaassen verkitten. — Diese Gloeamassen sehen der Zoogloea der Sphärobacterien sehr ähnlich und sind es auch in den meisten Fällen; in anderen Fällen scheinen sie nichts weiter zu sein, als entweder der frei gewordene Inhalt des absterbenden Mycels, oder Hallier'sche Micrococcen, welche sich aus den Sporen von Schimmelpilzen entwickeln.

Dass die Zoogloea zwischen den Mycelfäden wirklich ein den Sphärobacterien angehöriges Gebilde ist, dafür spricht am entschiedensten, dass sie in vielen von mir beobachteten Fällen aus farbigen Coccen bestand, aus gelben, violetten und röthlich gefärbten; es war also am wahrscheinlichsten die Zoogloea von Micrococcus aurantiacus — chlorinus und — violaceus (Cohn). Es ist auffallend, mit welcher Vorliebe die Sphärobacterien, besonders die farbigen, ihre Gloea zwischen Mycelfäden bilden; ich sah nämlich die Zoogloea sehr häufig — die farbige sogar beinahe immer — sich im Gefolge von Mycelfäden entwickeln. — Erhalten sie vom Mycel reichlichere, günstigere Nahrung? oder sind sie vielleicht dessen Parasiten?

Karsten, Hallier, Lüders u. A. haben früher — durch das soeben erwähnte Phänomen sichtlich beeinflusst — der Ansicht gehuldigt, dass sich aus den Sporen der Schimmelpilze oder aus dem Mycelinhalte (Karsten) Bacterien entwickeln. Meines Wissens war Burdon-Sanderson der erste, der diese Reciprocität der Bacterien und Pilze leugnete; seitdem haben competente Mycologen, wie De Bary, Hoffmann, wie auch Billroth diese Ansicht zurückgewiesen.

Digitized by Google

Die Micrococcenkörner können übrigens auch dadurch von dem Inhalt der zerstörten Sporen und Mycelien unterschieden werden, dass sie glänzender und der Grösse nach gleichförmiger sind.

Trotz dieser Unterscheidungsmerkmale blieb die Natur der sichtbaren Körnchen in einigen Fällen ganz und gar zweifelhaft.

Die Zoogloea der Sphärobacterien war in verschiedenen Formen zu beobachten. In zahlreichen Fällen zeigte sie die Gestalt einer traubenförmigen Gruppe, wobei die einzelnen Knäuelchen von zerstreuten Körnchen umgeben waren. Diese Entwickelungsform steht dem „Ascococcus" von Billroth nahe, unterscheidet sich jedoch von ihm dadurch, dass der einzelne Knäuel nicht jenen freien Hof besass, welchen besonders Cohn um die einzelnen Knäuelchen abbildete [1]). In anderen Fällen waren die Coccuskörner in den einzelnen Knäuelchen von ungleicher Grösse, wobei sich zeigte, dass, je kleinkörniger die Coccen, um so grösser die Knäuelchen waren. Ich folgere hieraus, dass sich die grösseren Coccen durch Theilung verkleinerten und vermehrten, und hierdurch das Knäuelchen selbst erweiterten.

Farbige Sphärobacterien kamen häufig genug vor und das immer in der Zoogloeaform. Gewöhnlich waren sie, wie schon erwähnt, um die Fäden von Mycelien und in die Zwischenräume dieser eingebettet zu sehen.

Ausser den Micro-, Mezo- und Megacoccusformen und den Chromobacterien kam in meinen Züchtlösungen wiederholt noch eine Micrococcusform vor, welche ich einer besonderen Erwähnung würdige. In mehreren Fällen sah ich neben den verschieden grossen Micrococcusknäueln auch noch solche, deren Körner überhaupt die denkbar kleinsten waren. Sie waren so winzig, dass selbst eine 900fache Vergrösserung das Knäuel sammt seinem Inhalt blos als fein punktirten Nebel erscheinen liess. Selbst das 9. Immersionssystem war nicht im Stande, das Object aufzulösen; es zeigte gleichfalls nur verschwommen contourirte sehr kleine kugelige Körperchen.

Es gelang mir, diesen „Micrococcus atoma" — wie ich ihn benennen will [2]) — in einigen Fällen in der Nährflüssigkeit allein zu erhalten, so an den zwei letzten Octobertagen 1879, wo nach

---

[1]) l. c. Bd. I., Heft 3, Tafel 5, Fig. 2 bis 5.

[2]) Unter den vielerlei Diminutiven ist blos dieser eine, noch weiter verkleinernde Ausdruck in die Nomenclatur der Microorganismen bisher noch nicht aufgenommen. Ich muss natürlicher Weise das Schicksal dieser Benennung den Mycologen überantworten.

Digitized by Google

vorhergegangenem längeren Regen und nach einem starken Regenfall die Nährflüssigkeit mehrere Tage hindurch entweder ganz rein erschien, oder nur Schimmelpilze aufwies. Dieselbe Form beobachtete ich alleinstehend auch am 6. October 1879, ebenfalls nach vorhergegangenen Regenfällen und bacterienfreien Tagen; ferner am 2. April 1878 gleichfalls nach Regenfällen und zu einer fast bacterienfreien Zeit. Die Nährflüssigkeit blieb neben diesem Bacterium wasserklar und schwammen darin äusserst feine, weissliche Flocken umher. Die weisse Flocke zeigte unter dem Mikroskope eine aus kleineren Knäueln bestehende Zoogloea, die jedoch so fein war, dass ich sie erst nach forcirtem Suchen auffinden konnte. Die Masse der Zoogloea war lichter (stärker lichtbrechend), als die Ichthyocolla, und in dieser Masse ruhte der Micrococcus als dichtgestreuter feiner Staub eingebettet.

Ich muss den „Micrococcus atoma“ für eine eigene Species unter den Sphärobacterien halten, nachdem ich ihn wiederholt alleinstehend, von jeder anderen Gattung unabhängig und stets auf derselben Entwickelungsstufe, beobachten konnte. Auffallend ist es, dass sich dieses Gebilde stets dann zeigte, als die Atmosphäre im Uebrigen am reinsten, ganz ausgewaschen war. Der „Micrococcus atoma“ kann also ein so feines Gebilde sein, dass der Regen weniger im Stande ist, ihn aus der Atmosphäre vollständig auszuwaschen. Doch ist dieser Organismus möglicher Weise auch so leicht, dass er, auch wenn befeuchtet, von der feuchten Bodenoberfläche eher im Stande ist sich zu erheben, als andere Bacterienarten, so dass eventuell auch das verdunstende Wasser ihn mit sich in die Atmosphäre emporheben kann.

Ob diese Form auch häufiger vorkommt, kann ich nicht sagen; in Gesellschaft von grosskörnigeren Gloeen oder von höheren Bacterien fällt sie einem nicht auf; deshalb ist es möglich, dass sie in den meisten Fällen unserer Aufmerksamkeit entgeht; ob ihrer Feinheit aber wird sie vielleicht selbst dann nicht wahrgenommen, wenn sie sich in der Nährsubstanz allein entwickelt hat, denn die Ichthyocolla erscheint dabei ganz rein und bacterienfrei.

Eingehendere Studien konnte ich über diese Micrococcenart nicht anstellen [1]) und weiss daher über ihre Eigenschaften nicht mehr. Ich bin jedoch überzeugt, dass die Fachmycologen, wenn

[1]) Von den Resultaten der mit ihr ausgeführten Injectionsversuche wird weiter unten die Rede sein.

Digitized by Google

sie diesen Organismus mit Aufmerksamkeit verfolgen, ihm in Bälde begegnen werden; sie werden über seine Existenzberechtigung zu entscheiden haben und über seine Natur Aufklärungen liefern können.

β. Microbacterien.

Cohn unterscheidet zwei Formen von Microbacterien: eine kürzere (B. termo) und eine längere (B. lineola). Letztere soll sich von den Desmobacterien dadurch unterscheiden, dass sie keine langen Fäden (leptothrices) bildet; von den Sphärobacterien aber sind Beide dadurch zu trennen, dass ihre Form — ob sie nun einzeln oder zu zweien, oder zu Zoogloeen vereinigt auftritt — stets einem kurzen Stabe, einem Cylinder ähnlich ist und dass sie eine Bewegung zeigen.

Ich muss gestehen, dass ich diese im Ganzen genommen richtigen Unterscheidungsmerkmale nicht für scharf genug erachte, dass sie die Microbacterien in jedem Falle von anderen Bacterien trennen liessen. Manchmal sind nämlich die regungslosen, an einander geklebten Microbacterien den vereinzelten, doppelten oder kleinere Gruppen bildenden Sphärobacterien (den Mezobacterien) sehr ähnlich; noch leichter kann man sich bei der Zoogloeaform irren, in welcher die Stäbchen- mit der Kugelform vereinigt vorkommt, und jene dieser gegenüber in der Minorität sein kann, wodurch die Microbacterien leicht für Sphärobacterien gehalten werden können. — Bei Massenuntersuchungen sind die Microbacterien eben so leicht mit den Desmobacterien zu verwechseln, wenn sie zusammen auftreten und letztere nicht vorwiegend Leptothrixformen bilden.

Wenn ich daher sage, dass ich in meinen Probirröhrchen in circa 440 Fällen Microbacterien beobachtet habe, so darf diese Zahl nicht sehr strenge genommen werden.

Es kann trotzdem als Thatsache gelten, dass in der Atmosphäre jene Bacterienform die häufigste ist, von welcher die Fäulniss abhängig zu sein scheint, welche sich inmitten dieses Processes entwickelt und vermehrt, — nämlich das Microbacterium. Bedenkt man, dass in der Natur wirklich dieser Lebensprocess der häufigste und der am meisten verbreitete ist, so wird jener mikroskopische Befund als sehr natürlich erscheinen, um so mehr, wenn man ferner in Betracht zieht, dass Bacterium termo und lineola zu den kleinsten Bacterien zählen und deshalb verhältnissmässig leicht in die

Digitized by Google

Luft emporgerissen werden und in die Nährflüssigkeit hineinfallen können [1]).

Es könnte auch jene Ansicht auftauchen, dass diese beobachtete Häufigkeit der pythogenen Bacterien darin ihren Erklärungsgrund findet, dass sie sich in der Ichthyocolla besonders heimisch fühlen und andere Bacterienarten daraus verdrängen. Gegen diese Annahme — welche übrigens eine gewisse Berechtigung hat — spricht der Umstand, dass sich in zahlreichen Fällen Bacterium termo, lineola sowie alle übrigen Bacterienarten in friedlicher Nachbarschaft neben einander entwickelt haben und eine vollkommene Fruchtbarkeit aufwiesen.

Vor Sachverständigen habe ich kaum zu erwähnen, dass ich während meiner zahlreichen Züchtungen vielfache Varianten von Bacterium termo und lineola sah, und nicht bloss die von Cohn beschriebenen zwei Hauptformen. In den Abbildungen von Billroth treffe ich schon eher die meisten jener Formen an, welche ich selbst erkannt habe.

Ich führe die Hauptformen in Kürze an:

1. Ein ungemein kleines, kaum bemerkbar längliches Bacterium, welches gewöhnlich zu zweien oder zu dreien an einander hängt, eine mehr oscillirende, um einander kreisende Bewegung besitzt, bald sich langsam vorwärts bewegt, bald, wie es scheint; ganz unbeweglich wird. Dieses ist das wahre B. termo. Es kam mir in sehr verschiedenen Grössen vor.

2. Eine etwas längere Form, stets doppelt, richtiger in der Mitte mit einem Querstreifen versehen. Sie schwimmt ungemein schnell in gerader Richtung vorwärts, wobei der Körper so zu sagen gestreckt wird und sich um die eigene Längsaxe dreht. Sie kommt in der Gesellschaft anderer Microbacterien vor.

3. Dem letzteren sehr ähnlich ist ein etwas grösserer Organismus, welchen ich am 13. und 14. December 1877 sich ganz allein entwickeln sah. Seitdem bin ich dieser Form wiederholt begegnet, aber immer in der Gesellschaft anderer Bacterien. Die Form ist beinahe kugelig, etwas in die Länge gestreckt. Bei sehr starker Vergrösserung sieht sie in etwas einem kurzen Biscuit ähnlich. Die Substanz ist ganz klar und homogen, ohne Körnchen und glänzende Pünktchen. Sie hat eine schwache Lichtbrechung und

[1]) Wo sich bei den Züchtungen an freier Luft kein Bacterium termo entwickelte (B. Sanderson, Rindfleisch, und neuerdings Cohn, Miflet), dort mag das Züchtungsmaterial daran Schuld getragen haben. (Vgl. weiter oben.)

Digitized by Google

kann deshalb nur schwer wahrgenommen werden. Die auffälligste Eigenschaft ist das rasche und gleichmässige Schwimmen, wobei Alle, wie das Völkchen eines wimmelnden Ameisenhaufens, neben und durch einander schwirren. Eine 10 proc. Natronlösung hebt die Bewegung sofort auf, und werden diese Bacterien dann (und auch bei ruhigem Verhalten) mehr kugelförmig. Durch starke Natronlauge werden sie ganz zum Verschwinden gebracht. Noch auffallender ist es, dass unter ihnen kein einziges gefunden werden kann, welches aus doppelten oder mehrfachen Gliedern bestehen würde; alle schwimmen sie einzeln auf und ab und bleiben auch dann isolirt, wenn sie — auf das Deckgläschen gelagert — ruhig stehen bleiben. — Die Flüssigkeit, in der sie sich entwickelt hatten, und in welcher ausserdem kein anders gearteter Organismus vorkam, war übelriechend. Dieselbe erzeugte an Kaninchen, denen sie injicirt wurde (wie es sich später herausstellen wird), eine septische Infection [1]).

Würden letztere beiden Beobachtungen nicht mit einiger Bestimmtheit dafür sprechen, dass ich es mit einem Microbacterium zu thun hatte: so wäre ich geneigt, diesen Organismus für ein Thier, für einen Monas zu halten. Für diese Eintheilung spricht die Bewegung des Organismus, welche eine von allen anderen Bacterien abweichende ist und der Bewegung der sich mittelst Flagellen fortbewegenden Monaden sehr ähnlich sieht; dafür spricht auch, dass diese Organismen alle vereinzelt bleiben, keine Gruppirung, keine Zoogloeabildung aufweisen, — endlich, und hauptsächlich, dass sie schon durch diluirte Natronlauge angegriffen und durch concentrirte sogar gelöst werden.

Wenn es bewiesen werden könnte, dass auch der Lebensprocess der thierischen Organismen (Monaden) solche Zersetzungen der organischen Substanz zu erzeugen im Stande ist, welche der durch Microbacterien verursachten Fäulniss dem Geruche nach ähnlich kommen, und deren Producte bei Thieren, denen sie injicirt wurden, septische Infection hervorzurufen vermögen: würde ich diesen Organismus entschieden zu den Monaden reihen, und ihn wegen seines fortwährenden Hin- und Herschwimmens „Micromonas

[1]) Neuestens begegnete ich einem ganz ähnlichen Organismus in Bodenculturen; hier waren jedoch auch einige paarige Exemplare zu sehen. Die Uebertragung auf Kaninchen verursachte auch keine septische Infection. Ob diese Form mit dem oben beschriebenen Organismus identisch ist: möchte ich vorläufig unentschieden lassen.

Digitized by Google

agilis" nennen. Bis dahin möge er ein Microbacterium bleiben[1]) und, dass man ihn vom Bacterium termo und lineola auch dem Namen nach unterscheiden könne, soll er einstweilen „Microbacterium agile" heissen.

4. Es kamen ferner stäbchenförmige Bacterien von sehr verschiedener Dicke, Länge und Bewegung vor, viele darunter durch einen oder mehrere Kerne mit einem Kopfe oder doppelten Knötchen characterisirt. Andere nehmen durch Abschnürung, oder durch Verdichtung des Protoplasmas gegen das eine Ende des Stäbchens sehr wechselreiche Formen an. Auch ihre Bewegung ist eine sehr mannigfaltige.

5. Am 4. November 1879 fand ich feine Stäbchenbacterien in grosser Anzahl, welche sich unter langsamem Hin- und Herschweben vorwärts bewegten, und alle an der Mitte des Körpers einen glänzenden, kugeligen Kern besassen, wodurch die Zelle an dieser Stelle gewissermaassen aufgetrieben erschien. Ausserdem bildete diese Bacterienform auch Zoogloeahaufen, in deren Mitte sich die Bacterien sehr dicht gruppirten, während sie an den Rändern minder dicht gelagert waren[2]).

γ. Desmobacterien. Fadenbacterien.

Desmobacterien verzeichnete ich in jenen Fällen, wo entweder aus der Form oder aus dem entwickelten Leptothrixfaden auf sie zu schliessen war. Es erleidet keinen Zweifel, dass ich in häufigen Fällen Desmobacterien unter die Microbacterien reihete, nachdem sie keinen ausgesprochenen Desmobacteriencharakter besassen. Andererseits betrachtete ich die Bacterien mit ausgesprochener schraubenartiger Bewegung als Spirobacterien, wo dann so manche Vibrionen mit lebhafter Bewegung unter die Spirobacterien gelangen konnten.

Auf diese Weise verblieben mir Fadenbacterien in 94 Fällen[3]). Leptothrixbildungen und die Entwickelung von Sporen (Dauer-

[1]) Fromentel beschreibt in seinem grossen Werke: „Etudes sur les microzoaires", Paris 1874, zahlreiche ungemein winzige Monadenformen; eine von ihnen, das „Monas termo", stimmt mit dem soeben beschriebenen Organismus vollkommen überein. Ich kann mich aber über die Classification von Fromentel nicht beruhigen, weil er auch alle Bacterien als thierische Organismen betrachtet und als Vibrionen etc. beschreibt.

[2]) Bei Impfungen mit Trinkwässern begegnete ich auch gelben und violetten Stäbchenbacterien, von denen am betreffenden Orte die Rede sein wird.

[3]) Die im November und December 1879 aus mit Watte gesammeltem Staube gezüchteten Desmobacterien rechnete ich nicht dazu; ich werde sie bei den Infectionsversuchen noch besonders besprechen.

Digitized by Google

sporen, Cohn, Koch; corps. brillants Pasteur) waren ebenfalls sehr häufig.

d. Spirobacterien. Schraubenbacterien.

Cohn theilt diese Bacterien in 4 Gattungen ein. Ich begegnete darunter bei der Züchtung des atmosphärischen Staubes blos einer, nämlich dem Spirillum tenue, welches jedoch in bald längerer, bald kürzerer Form, mit mehr oder weniger Windungen vorkam. Weshalb die anderen Spirobacterienformen in meinen Züchtungen fehlten, kann ich kaum mit Gewissheit erklären. Es ist möglich, dass sie in der Atmosphäre nicht enthalten waren; doch ist auch das möglich, dass die Ichthyocolla für sie kein besonders günstiges Nahrungsmittel ist, oder dass die niedrigeren Bacterien ihre Entwickelung hier nicht zulassen. Für letzteres spricht der Umstand, dass ich auch in solcher Ichthyocolla, welche ich mit Trinkwasser oder mit Bodenproben inficirt hatte, unter mehreren Hundert Züchtungen nur zweimal auf eine andere Spirobacterienform — das Spirillum plicatile — stiess.

Spirobacterien beobachtete ich blos in 26 Fällen[1]); darunter waren in 20 Gläschen die Bacterien kurz, mit 1 bis 2 Windungen versehen, in 6 wurden auch längere, mit 4 bis 5 Windungen, gefunden.

Den ganz kurzen und kleinen Spirobacterien sind die Stäbchenbacterien mit lebhafter Bewegung zuweilen sehr ähnlich. In häufigen Fällen kann ferner ein Organismus angetroffen werden, welcher klein ist, einen walzenförmigen Körper besitzt, an einem Ende dick, am anderen dünner ist und mit ungemein lebhaften, schrauben- oder schlangenförmigen Bewegungen hin und her eilt. Er ist etwas grösser als das Microbacterium, welches Billroth mit einem Kopf und einem peitschenförmigen Ende abgebildet hat[2]). Meines Erachtens gehört dieser Organismus überhaupt nicht unter die Bacterien, weil er auf Zusatz von 10 proc. Kalilösung vollkommen aus dem Gesichtsfelde verschwindet.

b. Schimmelpilze.

Nach den Bacterien waren diese Pilze die am häufigsten vorkommenden Körper. In den untersuchten Röhrchen haben sich in 171 Fällen bald Schimmellagen an der Oberfläche, bald Mycelgeflechte im Inneren der Flüssigkeit entwickelt.

---

[1]) Miflet hat aus der Luft, welche er nach der Cohn'schen Methode durch verschiedene Züchtlösungen aspirirte, die Entwickelung von Spirillen und Spirochaeten nicht beobachtet. A. a. O. S. 137. [2]) l. c. Tafel IV. Fig. 27, d.

Digitized by Google

Unter den Schimmelpilzen waren Penicillium, Aspergillus und dann die Mucorformen am häufigsten. Einer grösseren Sorgfalt habe ich die Bestimmung der Pilzform nur ausnahmsweise gewürdigt, und kann daher die Häufigkeit des Vorkommens dieser einzelnen Formen mit Zahlen auch nicht ausdrücken. Andere Pilzformen entwickelten sich selten; ich habe die Folgenden notirt: Botrytis, Fusaria herbarum, Verticillium crassum, und Verticillium ruberrimum, Stemphylium pyriforme, Monilia etc.

Im Inneren der Flüssigkeit hatte sich ein verschieden geformtes Mycel entwickelt. Am häufigsten war es das gewöhnliche Oidium; häufig fand ich auch ein braunes spindelförmiges Mycel, selten ein rothgefärbtes (Mycel von Verticillium ruberrimum?).

In vielen Fällen kam ein so feines Mycel zur Entwickelung, dass es von einem Knäuel Fadenbacterien kaum zu unterscheiden war. Gewöhnlich wiesen mir die Verzweigungen und Triebe des Mycels den richtigen Weg.

Der häufigen Association von Pilzen und Sphärobacterien habe ich weiter oben bereits Erwähnung gethan.

c. Niedere Pflanzenorganismen.

Auch andere, gefärbte oder farblose niedere Pflanzenorganismen kamen in der Ichthyocolla vor; doch geschah dies blos ausnahmsweise. Am meisten noch waren in der Theilung begriffene, zuweilen auch Zellengruppen bildende einzellige grüne Algen (Protococcus viridis) zu finden. Die eintretende Fäulniss scheint ihre Weiterentwickelung zu verhindern. In einigen Fällen kamen Zellenhaufen zur Beobachtung, bestehend aus kugelförmigen, so zu sagen aufgeblasenen, glanzlosen Zellen, in deren Innerem sich einige glänzende Körnchen befinden. Was für Organismen das sind, ob im Absterben begriffene Algen, oder Sporen, konnte ich nicht bestimmen. Aehnliche aber wandlose Zellengruppen hat auch Billroth abgebildet[1]), und hält sie für Bacterien, welche in eine Gloea eingeschlossen sind.

Ein auffallender und interessanter Gast in der Ichthyocolla war die Sarcina (Goodsir). Anfangs zeigte sie sich die längste Zeit hindurch auch nicht in einem einzigen Röhrchen, dann wurf-

[1]) l. c. Tafel III., Fig. 22.

Digitized by Google

weise in einem oder dem anderen. Da trat sie plötzlich im Mai 1879 massenhaft, Tage hindurch in jeder Züchtlösung auf; von da an war sie überhaupt häufig.

Die Sarcine trat unter verschiedenen Formen auf. Bald bestand sie aus kleinen Kügelchen, in welchen 4 Paare kugeliger, farbloser, winziger Zellen Platz genommen hatten; bald wieder bildete sie etwas grössere, einem Hexaëder ähnliche Schollen, in welchen je 8, je 16 sehr kleine, farblose Zellen in Gruppen untergebracht waren.

Ein anderes Mal bildete die Sarcine mit freiem Auge sichtbare, braunrothe Flocken in der Nährflüssigkeit; dann war zu beobachten, dass der ganze Knäuel aus lauter gleichförmigen, zur Hexaëderform comprimirten Parthien bestand, welche in kleinere, ebenfalls hexaëderförmige Partikel zerfielen. Letztere waren endlich aus grossen, etwas viereckig gedrückten, bräunlichrothen Zellen, in der bekannten Sarcinegruppirung, gebildet. Bei stärkerer Vergrösserung konnte man wahrnehmen, dass jede einzelne Zelle eigentlich schon eine kreuzförmige Einschnürung besitzt; es waren sogar noch innerhalb dieser Einschnürung die Spuren noch weiterer Quertheilungen zu sehen, so dass die bräunlichrothe Zelle für feinkörnig gehalten werden konnte.

In noch anderen Fällen bestand die Sarcine ebenfalls aus einer Masse solcher grosser Zellen; diese waren aber farblos.

In der Sarcinemasse scheinen die vollkommen entwickelten grossen Zellen, mit gewissermaassen feinkörnigem Inhalte, zu zerfallen, — die Zellengrenze wird verschwommen und es wird eine kleine, micrococcenähnliche Masse frei, welche sich dann in der Nährflüssigkeit vertheilt. Neben diesem Micrococcus treten grössere und immer grössere kugelige, ölglänzende Zellen auf, an welchen zu Beginn eine Längs-, dann auch eine Quereinschnürung wahrzunehmen ist; in dem Maasse, als sich diese Zellen vergrössern, nimmt auch die Zahl der ausnehmbaren Quereinschnürungen zu und nähert sich die Zelle immer mehr der Hexaëderform. Auf diese Weise entwickelt sich aus der grossen, in zahlreiche Theilchen zerfallenden Sarcinezelle der Micrococcus der Sarcine, und aus diesem wieder die sich abschnürende Sarcinezelle. Dieser Entwickelungsprocess war in den beobachteten Fällen ein so sehr gesetzmässiger, dass ich aus der ersten ölglänzenden, kugeligen Zelle schon voraus auf die Anwesenheit der Sarcine folgern konnte.

Gährungspilze, resp. diesen ähnliche Organismen entwickelten sich in der Züchtlösung nur selten und spärlich, was wohl

Digitized by Google

natürlich erscheint, da die Ichthyocolla kein günstiges Medium für Gährungsprocesse ist.

d. Thierische Organismen.

Thierische Organismen kamen ebenfalls äusserst selten vor. Nur zuweilen tummelten sich einige Enchelys- oder Monasformen auf und ab.

Ich fühle mich gedrungen, meinen Verdacht, dass der unter den Microbacterien sub Nr. 3 beschriebene Organismus eigentlich vielleicht auch ein Thier ist und unter die Monaden gehört, an dieser Stelle zu wiederholen. Desgleichen halte ich den bei den Spirobacterien beschriebenen kleinen, sich lebhaft schlängelnden, hüpfenden Organismus an dieser Stelle der Erwähnung werth, von dem gleichfalls gefragt werden kann, ob er nicht eher unter die Thiere zu rechnen sei?

Vorkommen verschiedener Organismen nach Zeitabschnitten.

Nachdem ich die Organismen beschrieben habe, denen ich bei meinen Züchtungen begegnet bin, kann ich nun auf die Reihenfolge übergehen, in der sie an einzelnen Beobachtungstagen während der abgelaufenen Beobachtungszeit vorkamen.

Es wäre langwierig und zudem nicht einmal lehrreich, wollte ich hier einzeln anführen, welche Organismen sich in der Züchtlösung beinahe $2^1/_2$ Jahre hindurch von Tag zu Tag entwickelt haben. Viel bequemer und lehrreicher entsprechen diesem Zwecke die auf Tafel II, Fig. 7 enthaltenen Zeichnungen [1]), in welchen die Hauptformen der an den einzelnen Tagen beobachteten Organismen abgebildet sind.

Neben jenen Zeichnungen bietet auch eine Gruppirung der Beobachtungen nach Monaten sehr viel Interessantes. Eine solche weist die folgende Tabelle auf, wo ich verzeichnet habe, an wie viel Tagen der einzelnen Monate gewisse Formen der

[1]) Auf dieser Figur bedeutet: *a.* die Tage, an welchen gar keine Bacterien beobachtet wurden; *b.* die Tage, an denen in der Züchtlösung Sphärobacterien gefunden wurden; *c.* die Tage mit Microbacterien; *d.* die Desmobacterien; *e.* die Spirobacterien; *f.* die Schimmelpilze und *g.* die Sarcine.

Digitized by Google

verschiedenen Organismen in dem Züchtgläschen zu beobachten waren [1]).

Monat	Zahl der Beobachtungstage	Keine Bacterien	Sphärobacterien	Microbacterien	Desmobacterien	Spirobacterien	Schimmelpilze	Sarcine
1877 October	16	3	4	10	1	1	10	0
„ November . . .	30	6	8	21	5	1	19	0
„ December . . .	31	9	14	11	1	0	18	0
1878 Januar	30	8	12	15	2	0	8	1
„ Februar	28	4	12	17	4	1	3	0
„ März	29	8	12	16	3	4	6	0
„ April	30	3	15	21	5	3	12	0
„ Mai	28	0	14	27	5	9	1	0
„ August	12	0	9	11	3	0	0	0
„ September . . .	27	1	13	24	11	0	3	0
„ October	31	1	—	30	—	—	1	0
„ November . . .	30	1	5	29	3	—	2	1
„ December . . .	17	13	4	2	0	0	9	2
1879 Januar	28	11	15	12	2	0	6	2
„ Februar	27	2	15	21	2	0	4	0
„ März	28	4	16	21	5	2	2	0
„ April	30	0	12	27	8	1	1	1
„ Mai	30	4	4	23	10	5	5	12
„ Juni	30	5	6	23	4	1	4	10
„ Juli	31	7	14	17	6	0	14	1
„ August	31	9	12	21	7	1	11	6
„ September . . .	27	4	4	23	6	0	6	7
„ October	30	13	6	11	1	0	14	2
„ November . . .	15	8	1	7	0	0	12	3
Zusammen . . .	646	124	227	440	94	29	171	48

Sowohl aus der Zeichnung als auch aus der obigen Tabelle geht hervor, dass die beobachteten Organismen in der Atmosphäre mit einer gewissen Regelmässigkeit vertheilt vorkommen.

[1]) Ich erwähne abermals, dass in den Gläschen sehr oft mehrere Formen der Bacterien sich gleichzeitig entwickelten. So versteht es sich, wieso die Zahl der beobachteten Bacterien grösser ist, als die der Beobachtungstage.

Digitized by Google

Besonders muss sofort in die Augen fallen, dass in den einzelnen Jahreszeiten das Vorkommen der Organismen ein abweichendes war. Eine leichtere Uebersicht bietet diesbezüglich die folgende Tabelle, welche zeigt: wie viele und was für Organismen an 100 Beobachtungstagen der verschiedenen Jahreszeiten vorkamen.

Jahreszeiten	Sphäro-bacterien	Micro-bacterien	Desmo-bacterien	Spiro-bacterien	Bacterien-frei	Schimmel-pilze	Keine Organismen
Winter (December bis Februar)	47	51	7	0,6	31	31	12
Frühling (März bis Mai)	41	77	21	13,7	11	15	5
Sommer (Juni bis August)	39	69	19	1,9	20	28	9
Herbst (Septbr. bis Novbr.)	19	61	11	1,7	29	52	7

Es blieb also im Winter die Nährflüssigkeit am häufigsten rein und waren Micro-, Desmo- und Spirobacterien am seltensten; im Frühjahre sind Bacterien überhaupt am häufigsten und Schimmelpilze am seltensten; der Sommer nimmt eine mittlere Stellung ein, besonders Microbacterien sind häufig; endlich zeichnet sich der Herbst durch die zahlreichen Schimmelpilze aus.

Ein auffallender Einfluss auf das Vorkommen dieser Organismen ist den Regen- und Schneefällen eigen[1]). Ein grösserer Regen- oder Schneefall, besonders wenn er auch andauernd ist, setzt überhaupt die Menge der Organismen herab, so sehr, dass während und nach einer solchen Witterung die Nährlösung 1 bis 2 Tage lang entweder ganz rein bleibt, oder sich in ihr nur wenige und einerlei Organismen entwickeln. In letzterer Richtung kann auch mit Bestimmtheit wahrgenommen werden, dass nach dem Regen zuerst Schimmelpilze auftreten, darauf Sphäro-, dann Microbacterien, während die anderen Organismen Tage hindurch fehlen.

Auf diese Weise steht die allgemeine Ansicht jedenfalls fest, dass der Regen die Atmosphäre reinigt. Er wäscht den Staub und die kleinen Organismen aus ihr zur Erde nieder, welche sich dann

[1]) Vgl. Fig. 1 und 7 auf Tafel II.

Digitized by Google

beim Eintritt der Trockenheit allmälig wieder in die Höhe erheben, um die Atmosphäre zu inficiren.

Auffallender noch ist die Erscheinung, dass gewisse Organismen so zu sagen an gewisse Zeiten gebunden vorkommen. Manchmal können sie Tage, ja Wochen lang nach einander in der Nährlösung gefunden werden; dann verschwinden sie wieder und bleiben Wochen und Monate lang aus. Es erhellt das sowohl aus den auf der Tafel mitgetheilten Zeichnungen, als auch aus den obigen tabellarischen Zusammenstellungen.

Um nur das Auffälligste zu erwähnen, fehlte die Sarcine beinahe gänzlich vom October 1877 bis 27. November 1878; jetzt wird sie ziemlich rasch hinter einander dreimal angetroffen, und dann noch zweimal im Januar 1879, worauf sie wieder drei Monate lang ausbleibt. Im April und Anfangs Mai 1879 zeigen sich ihre Vorposten, während sie von Mitte dieses Monates bis Mitte Juni massenhaft, beinahe täglich zu finden ist, nämlich während 32 Tagen 18 Mal. Nun bleibt die Sarcine wieder zwei Monate lang aus, und erscheint dann plötzlich Mitte August und Anfangs September in auf mehrere Tage sich erstreckenden Gruppen.

Aehnliches kann an den Spirobacterien beobachtet werden. Diese kamen vom October 1877 bis zum März 1878 nur verloren, zu zwei Gelegenheiten in der Nährflüssigkeit vor. Im März zeigten sie sich beinahe unmittelbar nach einander viermal, im April an drei Tagen, im Mai aber an neun Tagen massenhaft. Nun fehlen sie beinahe ein ganzes Jahr lang, erscheinen dann wieder, aber in geringer Zahl im März und Mai 1879.

Ebenso verhält sich die Sache mit vielen Anderen. Laut dem Zeugnisse meiner Notizen begegnete ich z. B. im October 1877 und Januar 1878 häufig gefärbten Sphärobacterien, besonders den gelb- und orangefarbigen, seitdem sind sie blos zufällig und vereinzelt vorgekommen.

Oder z. B. das Microbacterium, von dem ich sagte, dass es den Monaden so sehr ähnlich sieht (das Microbacterium agile), — auch es tauchte in einzelnen Zeitabschnitten auf, so z. B. zu Ende Februar und Anfangs März 1878, sowie am Ende August und Anfangs September desselben Jahres. Von diesem Monate angefangen habe ich es bis Ende 1879 blos in drei Züchtungen angetroffen.

Auch die verschiedenen grünfarbigen oder farblosen einzelligen Organismen kamen in auffallenden Gruppen vor. Besonders reichhaltig war daran der Monat November 1878, dann die Monate März, Mai, Juli, September und October 1879.

Digitized by Google

Sogar die einzelnen Jahre differiren von einander bezüglich der Qualität und Quantität der vorkommenden Organismen sehr bedeutend; denn während im Jahre 1878 den ganzen Herbst hindurch in der Züchtlösung die Bacterien die Oberhand hatten: waren im selben Abschnitte des Jahres 1879, sogar schon zur Sommermitte, statt der Bacterien die Schimmelpilze auffallend häufig, und ebenso häufig fiel die reine, bacterienfreie Witterung auf.

Ob ausser den Regenfällen, der trocknen Witterung, sowie der Jahreszeiten auch noch andere Naturkräfte auf die Qualität und Menge der sich entwickelnden Organismen einen Einfluss besitzen, und welche Naturkräfte es sind: das kann heute noch kaum entschieden werden. Es erschien theoretisch als möglich, dass auch die Windrichtung (der von kalten Gegenden kommende Passat und der vom Süden, eventuell aus Afrika oder Südamerika eintreffende Antipassat) gleichfalls einen Einfluss auf jene Organismen zur Geltung bringen. Meine Confrontationen konnten jedoch bisher keinen Zusammenhang zwischen den Winden und Bacterien eruiren. Es sind da noch längere Beobachtungen und massenhaftere Daten nothwendig.

Wirkung der aus der Atmosphäre aufgefangenen und gezüchteten Organismen auf Thiere.

Sollte noch Jemand Zweifel darüber hegen, dass die Bacterien ein Infectionsvermögen für den animalischen Organismus besitzen: so müsste er davon abstehen angesichts eines Versuches, welcher mit atmosphärischem Staube ausgeführt werden kann und welcher, gleich dem besten physikalischen Experimente, einfach und entscheidend ist.

Stellt man in einem kleinen Fläschchen etliche Kubikcentimeter Ichthyocollalösung ins Freie, und injicirt man sie dann, nachdem sie einige Tage lang gestanden hat, einem Thiere (Kaninchen) unter die Haut, so wird man in gewissen Fällen beobachten, dass das Thier alsobald fieberhaft wird, dass sich das einigemal wiederholt, das Thier Diarrhoe bekömmt, abmagert, und verendet. Die Ichthyocolla, welche vor dem Exponiren an freier Luft selbst in der zehnfachen Menge, Kaninchen subcutan injicirt, vollkommen unschädlich war, ist nach dem Exponiren zu einem gefährlichen Infectionsstoffe geworden.

Woran ist diese Infection geknüpft? An das Leben winziger Organismen, welche aus der Luft in die Ichthyocolla fallen und

Digitized by Google

sich hier vermehren. Fehlen sie darin, so wird die Ichthyocolla, trotzdem sie an der freien Luft exponirt gewesen, doch keine Infectionsfähigkeit annehmen. Die Fähigkeit der atmosphärischen Luft, resp. der Bacterien, zu inficiren oder einen Infectionsstoff zu produciren, wird durch diesen Versuch mit grosser Bestimmtheit bewiesen [1]), mit einer grösseren, als wenn man gefaultes Fleisch oder ähnliche Dinge und deren furchtbar übel riechende Jauche den Thieren massenhaft unter die Haut oder in das Blut spritzt.

Doch vermag die Ichthyocolla, in welcher sich die verschiedenen Bacterienformen entwickelt haben, nur in gewissen und nicht einmal sehr häufigen Fällen zu inficiren. Hieraus erwächst die Frage, wovon wohl der Unterschied der Wirkung in den einzelnen Fällen abhängig sein könne?

Aller Wahrscheinlichkeit nach sind wir darauf angewiesen, die Erklärung für die verschiedene Infectionsfähigkeit in der Verschiedenheit der Bacterienformen zu suchen.

Es dünkt mir schon a priori wahrscheinlich, dass den verschiedenen Bacterienformen andere Kräfte innewohnen. Es ist nämlich bekannt, dass die Bacterien von verschiedenen Formen auch verschiedener chemischer und physiologischer Functionen fähig sind; das eine verursacht die Gährung des Harnes, das andere producirt Milch- oder Buttersäure, das dritte bringt die organischen Substanzen des Fleischextractes zur Fäulniss. — Wir sehen sogar, dass bei den verschiedenen Infectionskrankheiten thatsächlich anders geformte Bacterien im Körper erscheinen, an deren specifische Form auch die Specificität des Leidens gebunden zu sein scheint. So spielt bei der septischen Infection ein anderes Bacterium eine Rolle (Microsporon septicum, Klebs; Coccobacteria septica Billroth), ein anderes beim Anthrax (Bacteridium anthracis, Davaine; Bacillus anthracis, Cohn, Koch) und wieder ein anderes beim Rückfallsfieber (Spirillium Obermayeri).

Beabsichtigt man also die Wirkungsfähigkeit der in der Atmosphäre vorkommenden Bacterien zu untersuchen: so müssen vorerst alle diese Formen einzeln, und von anderen Formen gereinigt dar-

[1]) Ich vermeide mit Absicht die Erörterung der Frage, ob es die Bacterien selbst sind, welche die Infection hervorrufen, oder aber eine Substanz, welche die Bacterien während der Entwickelung producirt haben? (Vgl. A. Hiller, die Lehre v. d. Fäulniss, Berlin, 1879. S. 103 bis 178, besonders aber die 178. Seite.) Vom hygienischen Standpunkte genügt es, zu wissen, dass die Infection durch die Entwickelung von Bacterien hervorgerufen wurde, und dass die Entstehung des Infectionsstoffes an ihre Existenz, an ihr Leben gebunden ist.

Digitized by Google

gestellt, und auf diese Weise isolirt zu Infectionsversuchen angewendet werden. Solche Untersuchungen sind überaus wichtig und um so nothwendiger, als sie bisher beinahe gänzlich mangeln.

Zu dieser Trennung der Bacterienformen wurden schon bisher mehrere Züchtmethoden in Vorschlag gebracht. Klebs z. B. impft von der Nährlösung, in welcher verschieden geformte Organismen vorhanden sind, in frische Lösungen weiter; auf diese Weise kann es zuweilen gelingen, eine Bacterienform rein und isolirt herauszubekommen. Demselben Zwecke entsprechend scheint auch jenes Verfahren zu sein, wonach man die Züchtlösung verschiedenen Temperaturgraden aussetzt. Dabei kann z. B. das Bacterium termo oder lineola leicht abgetödtet werden, während z. B. die Desmobacterien, besonders deren eventuell schon entwickelte Keimzellen (Dauersporen), erhalten bleiben und sich vermehren.

Ich trachtete die Bacterien nicht nach den soeben erwähnten Methoden zu isoliren, sondern wartete ab, ob sich nicht in einem oder dem anderen Falle meiner, viele Hunderte betragenden Züchtungen[1]) irgend eine Bacterienform in der Nährlösung rein und allein entwickelt.

Inmitten meiner Beobachtungen erschienen die meisten der verschiedenen Bacterienformen wirklich rein, oder wenigstens den anderen Formen gegenüber im Uebergewichte. Trotzdem ereignete sich das im Ganzen genommen nur selten, so dass ich insgesammt kaum 35 bis 40 Mal in die Lage kam, mit solchen Reinkulturen Injectionen bei Thieren vornehmen zu können. Ich beabsichtige jedoch mit Hülfe einer der beschriebenen Methoden Reinkulturen zu bereiten und die Wirkung der einzelnen Bacterienformen mit ihnen weiter zu studiren.

Injectionen habe ich ausgeführt: 1) mit Bacterium termo, insbesondere aber mit der Form, welche ich ihrem eiförmigen Aeusseren und ihrer raschen Bewegung zu Liebe besonders beschrieben habe, und zwar in 9 Fällen; 2) mit gewöhnlichem Bacterium termo, neben dem aber auch mehrere von der obigen Form umherschwammen: in einem Falle; 3) mit Bacterium termo und lineola: in drei Fällen; 4) mit ungemein winzigen Micrococcen (Micrococcus atoma): in einem Falle; 5) mit Mezo- und Megacoccen: in vier Fällen; 6) mit Desmobacterien und den sogenannten „Dauersporen“: in sieben Fällen; 7) mit Spirobacterien: in 2 Fällen; 8) mit Sarcinen: zwei-

[1]) Ich habe die Bacterien nicht blos aus der atmosphärischen Luft gezüchtet, sondern auch aus mehreren Hundert Brunnenwässern und Bodenproben. Letztere Kulturversuche werden weiter unten am betreffenden Orte zur Sprache kommen.

Digitized by Google

mal und endlich 9) mit einer Ichthyocolla, welche aus farblosen, grossen Zellen mit körnigem Inhalt bestehende Flocken aufwies: in einem Falle, etc.

Von diesen Impfungen haben sehr viele gar keine wahrnehmbare Wirkung auf die Gesundheit der Thiere ausgeübt; Temperatur, Körpergewicht, Appetit zeigten keine Veränderungen. Diese Resultatlosigkeit erfolgte bei allen vier mit Micro-, Mezo-, und Megacoccen ausgeführten Injectionen; ebenso die Einimpfung des Micrococcus atoma. Die Sphärobacterien erwiesen sich demnach als unschädlich.

Die beiden Impfungen mit Spirobacterien blieben ganz erfolglos. Ausserdem habe ich noch zwei Injectionen mit Spirobacterien gemacht, welche aus Trinkwasser in die Ichthyocolla geimpft worden waren, gleichfalls ohne die geringste Wirkung. Die Spirobacterien, und speciell das in meinen Züchtungen vorgekommene Spirillium tenue erwies sich als ganz unschädlich. Auch die Sarcine blieb in beiden Fällen für das Versuchsthier ohne jede Wirkung.

Die farblosen, grossen Zellen mit körnigem Inhalte blieben desgleichen unschädlich.

Bacterium termo und lineola erwiesen sich von verschiedenen nebensächlichen Organismen begleitet in zwei Fällen, wo neben ihnen Mycelien von Schimmelpilzen vorhanden waren, als ganz unschädlich; in zwei anderen Fällen traten schwere Symptome, in einem sogar der Tod auf; doch waren in diesen beiden Fällen in der Zucht ausser dem Bacterium termo und lineola auch noch die im Folgenden zu beschreibenden, entschieden gefährlichen Bacterien anwesend und ist daher die Infection entschieden auf die Rechnung der letzteren zu stellen. Dieser zwei Fälle werde ich weiter unten noch gedenken [1]); für Bacterium termo und lineola aber kann ich auch bis dahin als sehr wahrscheinlich annehmen, dass sie, in der Menge und in jener Substanz gezüchtet und injicirt, als ich es versucht habe, dem thierischen Organismus einen wahrnehmbaren Schaden kaum zufügen dürften.

Unter den aus der Luft aufzufangenden und in der Ichthyocolla züchtbaren Bacterienformen können also die meisten, wenn sie einem Thiere subcutan injicirt werden, kaum eine schädliche Wirkung ausüben.

---

[1]) Vgl. S. 126 und 129.

Digitized by Google

Um so gefährlicher erwiesen sich zwei andere Bacterienarten: die bei den Microbacterien sub. Nr. 3 beschriebene Form (Microbacterium agile), sowie das Desmobacterium, auf die ich nun eingehe. Die mit diesen Organismen vorgenommenen Injectionen führten zu folgendem Resultate:

1) Am 14. December 1877 wimmelte die ganze Ichthyocolla von ungemein winzigen, ovalen, vereinzelten Zellen, welche im Sehfelde unermüdlich durch einander schwammen. Es hatte sich das „Microbacterium agile“ ganz rein entwickelt, und waren ausser ihm gar keine andere Organismen auszunehmen.

Nachdem ich daraus Impfungen in frische Ichthyocolla und Harn gemacht hatte, injicirte ich am 5. Januar gegen Mittag den Inhalt des Züchtgläschens (4 ccm) mit einer Pravaz'schen Spritze einem Kaninchen an der Interscapulargegend unter die Haut. Die Temperatur und Gewichtsverhältnisse sowie das Verhalten des Thieres waren vor und während der Infection die folgenden:

Tag	Temperatur	Körpergewicht	Symptome
5. Januar	38,9° C.	829 Gramm.	„
6. „	39,7 „	— „	„
7. „	37,9 „	— „	„
8. „	38,2 „	809 „	Diarrhoe
9. „	37,9 „	795 „	„
10. „	38,2 „	772 „	„
11. „	38,4 „	757 „	„
12. „	36,7 „	740 „	„
13. „	35,4 „	710 „	„
14. „	35,2 „	665 „	„
15. „	35,5 „	630 „	„
16. „	35,2 „	607 „	„
17. „	32,4 „	560 „	„
18. „	? [1]	515 „	Am Morgen verendet gefunden.

Die Autopsie ergab blos in den Gedärmen ausgesprochene pathologische Veränderungen. Der Dünndarm war nämlich mit flüssigem, gelbem Koth gefüllt; die Peyer'schen Follikelhaufen stark hervortretend, geschwellt, injicirt; die Schleimhaut stellenweise von Epithel entblösst; an diesen Stellen mit chocoladeähnlichen Substanzen versetzter Schleim. Die Mesenterialdrüsen geschwellt und injicirt. Dasselbe kann auch an den Nieren und an

[1] Die Körpertemperatur erreicht nicht einmal den untersten Grad der Thermometerscala: 30° C.

Digitized by Google

der Leber wahrgenommen werden. Die mikroskopische Untersuchung konnte im Blut und in den Organen keine anwesenden Bacterien nachweisen. Doch war an diesen Organen eine beträchtliche fettige Degeneration wahrzunehmen. Die Harnblase wurde unterbunden und der Inhalt am dritten Tage untersucht; der Harn war ganz klar und bacterienfrei.

Auf Grund des Krankheitsverlaufes und des Obductionsbefundes ist es klar, dass das Kaninchen einer septischen Infection oder wenigstens einem jener in Allem ähnlichen Krankheitsprocesse zum Opfer gefallen war, welche das in der Ichthyocolla anwesende „Bacterium agile" hervorgerufen hatte.

2) Mit der beim vorigen Versuche verwendeten Ichthyocolla habe ich am 2. Januar ein zweites Röhrchen inficirt. Es entwickelten sich darin alsobald ganz dieselben Bacterien, ausserdem aber auch das gewöhnliche Bacterium termo. Von dieser Ichthyocolla wurden am 8. Januar einem Kaninchen ca. 1,5 ccm in die linke Jugularvene injicirt. Der Krankheitsverlauf war dem vorigen ungemein ähnlich: vor der Injection schwankte die Körpertemperatur des Thieres zwischen 37,9 bis 38,8° C. und betrug das Körpergewicht 1520 g. Am Tage nach der Injection stieg die Temperatur auf 39,8, fällt dann ab, erhebt sich etwas, es tritt Diarrhoe auf, die Temperatur fällt wieder, das Körpergewicht nimmt stetig ab; am 19. Januar steht die Körpertemperatur auf 35,6° C., das Körpergewicht auf 1015 g; am anderen Tage wird das Thier verendet angetroffen.

Die Autopsie beförderte wieder die oben beschriebenen Darmerscheinungen zu Tage; ausserdem wurde aber an der Vorderfläche des Halses, in dem losen subcutanen Bindegewebe ein ausgebreiteter, mit dickem, gelbem, geruchlosem Eiter gefüllter Abscess gefunden. Der Tod war auch in diesem Falle als Folge einer septischen Infection eingetreten. Der am Halse entstandene Abscess dürfte auf den Tod des Thieres keinen Einfluss gehabt haben, da die Körpertemperatur keine, einer Eiterresorption entsprechende, fieberhafte Erhöhung gezeigt hat.

3) Aus der zum zweiten Versuche verwendeten Ichthyocolla impfte ich eine andere, aber diluirtere ein; es entwickelte sich auch hier „Microbacterium agile" in grosser Zahl. Ich injicirte davon 3 ccm einem kleinen Kaninchen unter die Rückenhaut. Die Körpertemperatur des Thieres stieg am Tage nach der Injection von 38,0 auf 40,0° C., dann sank sie drei Tage hindurch, erhob sich neuerdings, sank wieder einige Tage hindurch continuirlich,

Digitized by Google

inzwischen kam Diarrhoe dazu, und das Körpergewicht des Thieres sank von 649 bis 594 g. Nun trat langsame Besserung auf. — Eine Blutinfection hatte also auch in diesem Falle bestanden, obschon sie, vielleicht wegen der geringeren Concentration der zur Züchtung benutzten Lösung, auch eine weniger heftige geblieben war.

4) Demselben Thiere injicirte ich — nachdem Temperatur und Körpergewicht wieder auf den ursprünglichen Werth gestiegen waren — eine Ichthyocollalösung unter die Rückenhaut, welche mit Harn inficirt war, den ich wieder aus der zum ersten Versuche verwendeten Hausenblaselösung eingeimpft hatte. Im Harn war zumeist das gewöhnliche Bacterium termo zu sehen, während in der zur Injection gebrauchten Ichthyocolla wieder das „Microbacterium agile“ die Oberhand besass. Das Thier zeigte an den ersten Tagen Fieberbewegung, war dann appetitlos. An den folgenden 8 bis 10 Tagen schien es sich zu erholen, das Körpergewicht nahm zu, die Temperatur verhielt sich constant; am 14. Tage trat jedoch eine Paralyse der Hinterbeine auf, und das Thier verendete bis zum folgenden Morgen. Ausser den oben beschriebenen Dünndarmerscheinungen wurde nichts Auffallendes bemerkt. Auch das Mikroskop lieferte ein negatives Resultat.

5) bis 7) Die Harnblase des soeben beschriebenen Kaninchens unterband ich noch in der Bauchhöhle, schnitt sie dann heraus und hängte sie in einem reinen Gefässe auf. Nach 5 Tagen (am 2. März 1878) eröffnete ich die Blase und fand sie mit umherschwimmenden Bacterien (Microbacterium agile) erfüllt. Von diesem Harn habe ich dreien Kaninchen injicirt. Alle drei wiesen an den folgenden zwei Tagen nach der Injection eine Temperatursteigerung von 1,1° C. auf, worauf die Körpertemperatur und gleichzeitig auch das Körpergewicht abfielen. Von den drei Kaninchen bekam das eine auch heftigen Durchfall, und verendete vollkommen abgemagert am 30. März; die beiden anderen schwereren und älteren Kaninchen erholten sich allmälig.

8) Einem anderen Kaninchen injicirte ich Harn, welcher aus der „Bacterium agile“ enthaltenden Kultur vom 14. December inficirt worden war. Im Harn hatten sich winzige Micrococcen, etliche Bacterium termo und oscillirende Bacterium lineola, und nur sehr wenig Microbacterium agile entwickelt.

Am Tage nach der Einimpfung war eine Temperatursteigerung von 0,6° C. und eine geringe Körpergewichtsabnahme

Digitized by Google

zu beobachten; die Temperatur kehrte successive zur normalen zurück, und am 3. Tage erreicht auch das Körpergewicht wieder die ursprünglichen 750 g; von nun an nimmt es stetig zu. — Es ist das einer von jenen Fällen, wo durch einen Infectionsstoff, welcher vorwiegend aus Bacterium termo bestand, Fieber hervorgerufen wurde. Es ist jedoch ersichtlich, dass ausser dem Bacterium termo auch noch das Microbacterium agile vorhanden war, und so kann, wie ich bereits bemerkt habe, auch die geringe Temperaturerhöhung vielmehr dem letzteren als dem Bacterium termo zugeschrieben werden. (Vgl. S. 122.)

Die mitgetheilten Infectionsgeschichten sprechen mit grosser Wahrscheinlichkeit dafür, dass: 1) das oben beschriebene Microbacterium (Microbacterium agile) ein bedeutendes Infectionsvermögen besitzt; 2) dass es dieses Vermögens in dem Maasse verlustig wird, als sich in den Züchtlösungen neben ihm andere, gewöhnliche Bacterien (z. B. das gewöhnliche Bacterium termo) vermehren. 3) Das fragliche Bacterium erzeugt Symptome, jenen ähnlich, welche der durch faulende Stoffe erzeugten Infection eigen sind; im verdünnten Zustande bewirkt es jedoch nur mehr ein kurz dauerndes Fieber. 4) Durch wiederholte Weiterzüchtung gewinnt dieses Bacterium nicht an Infectionsfähigkeit.

Noch auffallendere und interessantere Befunde lieferten mir die Injectionsversuche mit Desmobacterien und ihren glänzenden Sporen (Dauersporen Cohn, Koch), welche ich in den Monaten November und December, 1879, aus der Atmosphäre gezüchtet habe.

Während dieser Zeit habe ich nämlich, wie bereits erwähnt, den atmosphärischen Staub mittelst ausgehitzter Watte aufgefangen, welche ich dann in Hausenblaselösung tauchte und bei 30 bis 35° C. der Züchtung unterwarf, und zwar einerseits mit Luft- (Sauerstoff-) zutritt zur Ichthyocolla, andererseits bei Ausschluss des Sauerstoffs.

Während dieser Züchtungen entwickelten sich häufiger Desmobacterien und ihre Sporen, hauptsächlich in jenen Fläschchen, zu welchen die Luft freien Zutritt hatte; in den verschlossenen Gefässen entwickelten sich Desmobacterien entweder gar nicht, oder nur kümmerlich; in noch anderen Fällen konnten weder in den offenen noch in den verschlossenen Gefässen Desmobacterien ausgenommen werden, sondern blos Megacoccus, oder Bacterium termo

Digitized by Google

und lineola. Diesen Unterschieden entsprechend fielen auch die Infectionsversuche sehr verschieden aus.

1. Aus dem am 20. bis 30. December gesammelten Staube entwickelten sich Bacterium termo und lineola und daneben noch Schimmelmycelien. Temperatur und Körpergewicht der mit ihnen injicirten Kaninchen zeigten während 12 Tagen keine pathologischen Veränderungen; die Temperatur blieb constant eine mittlere und das Körpergewicht nahm zu.

2. Aus dem am 25. bis 30. November gesammelten Staube entwickelten sich im offenen Gefässe Schimmelpilze, und daneben noch zweifelhafte Desmobacterien, sowie glänzende Sporen (Schimmelsporen?); die Hausenblaselösung blieb vollkommen geruchlos. Davon wurden einem starken Kaninchen 2 ccm unter die Haut injicirt. An dem Tage der Injection und den folgenden betrug die Morgen- und Abendtemperatur: 37,6, 37,8, 37,9, 37,8, 37,9, 38,0° C. etc., das Körpergewicht 2124, 2070, 2170 g u. s. w. Das Kaninchen blieb also bei vollkommener Gesundheit.

3. Auch im verschlossenen Gefässe war die Ichthyocolla geruchlos geblieben; ausser einigen oscillirenden Micrococcen, mehreren sehr grossen kugeligen Coccen und Schimmelmycelien war in der Züchtlösung nichts zu bemerken. Der Injection folgte nicht einmal eine Spur von pathologischen Wirkungen. Die Körpertemperatur des Kaninchens blieb — eine geringe Erhöhung am selben Abende ausgenommen — constant, und das Körpergewicht nahm stetig zu.

Diesen Ergebnissen gegenüber müssen die folgenden auffallen:

4. Aus dem am 15. bis 22. November gesammelten Staube hatten sich in dem offenen Gläschen unzweifelhafte Desmobacterien entwickelt. Diese wuchsen alsbald zu langen Leptothrixfäden aus, in deren Innerem glänzende Sporen auftraten. Zuletzt (am 9. Januar) waren in der ganzen Nährflüssigkeit lauter glänzende Sporen und einige bewegliche Bacillen zu sehen. Nun wurden von dieser Ichthyocolla etwa 2 ccm einem kleinen Kaninchen unter die Haut injicirt. Der Verlauf der Injection war folgender:

Nach der Injection	Temperatur	Gewicht
9. Januar Vormittags 11 Uhr	37,3° C.	350 Gramm
„ „ Nachmittags 4 Uhr	35,7 „	— „
„ „ Abends	35,2 „	— „

in der Nacht verendete das Thier.

Digitized by Google

5. Eine beinahe ebenso fulminante Infection verursachte jene Nährlösung, in welche der am 10. bis 15. November gesammelte Staub getaucht worden war. Im (wohl?) verschlossenen Fläschchen entwickelten sich aus diesem Staube beinahe lauter Desmobacterien (Bacillen), welche unter langsamen Oscillationen auf und abschwammen; sodann trat eine Leptothrix- und weiter eine Glanzsporenentwickelung auf und am 10. December hatte sich in der Flüssigkeit ein Bodensatz aus lauter Glanzsporen gebildet. Von der aufgeschüttelten Flüssigkeit wurden einem kleinen Kaninchen 2 ccm mit folgendem Resultate subcutan injicirt:

		Temperatur	Gewicht
10. December	(vor der Injection)	38,4° C.	310 Gramm
11. „	Morgens	38,3 „	315 „
12. „	Morgens	38,4 „	298 „
12. „	Abends	36,7 „	— „
13. „	Morgens	36,7 „	278 „
13. „	Abends	35,5 „	283 „

in der Nacht ist das Thier verendet.

6. Diesem soeben gefallenen Kaninchen wurden noch am selben Mittag etwa 0,5 ccm Blut aus dem Herzen entnommen und einem frischen Thiere unter die Haut gespritzt. Der Verlauf war folgender:

Nach der Injection		Temperatur	Gewicht
14. December	Mittags	38,6° C.	— Gramm
14. „	Abends	38,6 „	361 „
15. „	Morgens	36,7 „	345 „
15. „	Abends	37,1 „	342 „
16. „	Morgens	36,6 „	330 „
16. „	Abends	37,1 „	343 „

Nachts ist das Thier verendet.

Die Obduction lieferte bei allen drei soeben beschriebenen Kaninchen sehr wenig positive Daten. An der Injectionsstelle ein geringes Blutextravasat. Von den inneren Organen sind besonders Leber, Milz und Nieren, sowie der Dünndarm blutreich. Die mikroskopische Untersuchung erwies im frischen Blute keine Bacterien; doch musste die Vermehrung, Vergrösserung und der körnige Inhalt der farblosen Blutkörperchen so wie ihre Vereinigung zu Gruppen aus mehreren Zellen, ihre Verklebung unter einander auffallen. Die Körnchen des Zelleninhaltes wurden durch Kalilauge aufgelöst. Leber und Nieren zeigten Symptome starker Ver-

Digitized by Google

fettung; die verschiedenen Primitivzellen waren stark granulirt. An den Wänden der in diesen Organen verlaufenden Blutgefässe waren an mehreren Stellen Gruppen von glänzenden, gleichmässig kleinen Micrococcen zu sehen, welche den Verzweigungen der Gefässe entsprechend überallhin verfolgt werden konnten, und nach der Einwirkung einer starken Kalilösung besonders gut zu sehen waren. Gleichzeitig konnten auch cylinderförmige Micrococcengruppen wahrgenommen werden, welche gewiss die Fülle von Capillaren bildeten.

7. Der beim 5. Versuche erwähnte atmosphärische Staub (vom 10. bis 15. November) zeigte, im offenen Gefässe cultivirt, keine Glanzsporen, keine Desmobacterien, sondern blos Bacterium termo und kurze, oscillirende Stäbchen, sowie den Glanzsporen an Lichtbrechung nachstehende, sonst aber ihnen ähnliche Zellen. Die mit dieser Flüssigkeit vorgenommene Impfung erzeugte jedoch eine ebenso tödtliche Infection, als derselbe Staub, im geschlossenen Gefässe gezüchtet, hervorgerufen hatte; nur hatten die Symptome der Infection einen milderen und langsameren Verlauf.

		Temperatur	Gewicht
10. December	(vor der Injection)	38,0° C.	285 Gramm
11. „	Morgens	38,4 „	280 „
12. „	Morgens	37,7 „	278 „
12. „	Abends	37,1 „	— „
13. „	Morgens	37,5 „	278 „
13. „	Abends	37,1 „	— „
14. „	Morgens	37,4 „	280 „
15. „	Morgens	37,4 „	281 „

das Thier verendete am Nachmittage. In diesem Falle hatte also scheinbar das Bacterium termo die Infection verursacht. In Anbetracht jedoch der oben nachgewiesenen Unschädlichkeit des Bacterium termo; in Anbetracht ferner der Form des Krankheitsverlaufes: bin ich geneigt anzunehmen, dass die Infection auch in diesem Falle durch Desmobacterien hervorgerufen wurde, welche ich entweder bei der mikroskopischen Durchsicht nicht wahrnahm, oder eher noch vergass in mein Tagebuch zu verzeichnen. Im Ganzen bleibt also die Ursache dieser Infection zweifelhaft [1]).

[1]) Es ist das jener Fall, in welchem nach Injection von Bacterium termo schwere Symptome und der Tod eintraten, und von welchem ich oben auf Seite 122 Erwähnung that.

Digitized by Google

Ein auffallendes Resultat ergaben noch die folgenden vier Versuche mit Kaninchen, welchen aus dem am 1. bis 10. und 10. bis 20. December gesammelten Staube gezüchtete Bacterien injicirt worden waren. Zwei Kaninchen erhielten die Zuchten aus den offenen Gefässen unter die Haut, zwei andere jene aus den verschlossenen Gefässen. Die beiden letzteren wiesen das folgende übereinstimmende Resultat auf:

8. bis 9. In der Ichthyocolla beider Gläschen entwickelten sich hauptsächlich Bacterium termo und lineola, ausserdem aber auch Bacillen und Glanzsporen. Am Abend nach der Injection starke Temperaturerhöhung (1,2 bis 0,7° C.), darauf mässige Abnahme; von nun an ist die Temperatur überhaupt um vieles höher als die normale (bis 39,5° C.) und sinkt nur allmälig auf 38,6 bis 38,2° C. zurück. Das Körpergewicht der Thiere lässt kaum eine Veränderung erkennen.

10. bis 11. In den beiden anderen, offenen Gläschen entwickelten sich überwiegend Bacillen und Glanzsporen, sowie in der zu Versuch 4. und 5. verwendeten Ichthyocolla; ausserdem konnte ich aber in einem Gläschen noch Sarcinen, im anderen Mycelfäden wahrnehmen. Nachdem von diesen Ichthyocollaproben je 2 ccm injicirt worden waren, machte sich erst eine Temperatursteigerung (von 38,3 und 38,0 auf 39,2 und 39,0° C.) bemerkbar, bald darauf aber — wie bei den Versuchen 3. und 4. — ein bedeutender Temperaturabfall (bis zu 36,6, resp. 36,9° C.). Die Temperaturverminderung hielt einige Tage lang an, während dem das Körpergewicht der Kaninchen sehr bedeutend gesunken war (727 auf 565, und 637 auf 526 g), dann stieg die Temperatur allmälig an und kehrte zur normalen zurück.

Diese Versuche beweisen, dass gewisse aus der Atmosphäre gezüchtete Desmobacterien, sowie auch deren Glanzsporen, wenn sie rein cultivirt waren und subcutan injicirt werden, unter rapidem Temperaturabfall eine Blutvergiftung und dadurch raschen Tod bedingen. In den Organen werden Micrococcen gefunden. (Versuch 4. und 5.)

Das Blut des verendeten Thieres kann, wenn es im frischen Zustande einem anderen Thiere injicirt wird, schon in einer Menge von 0,5 ccm den Tod unter denselben Symptomen hervorrufen. (Versuch 6.)

Entwickeln sich diese Bacterien in der Gesellschaft anderer Organismen, oder überhaupt mangelhaft: so

Digitized by Google

verursachen sie blos eine bedeutende Abnahme der Temperatur und des Körpergewichtes. (Versuch 10. und 11.)

Im Gefolge anderer Bacterien können sie sogar ihre temperaturvermindernde Eigenschaft gänzlich einbüssen, und kann die pyrogene Kraft der letzteren zur Geltung gelangen. (Versuch 8. und 9.)

Der Umstand, dass die Bacterien im Stande sind, ihre Wirkungen gegenseitig so sehr zu modificiren, zu paralysiren, besitzt vom pathologischen Standpunkte ein hohes Interesse.

Als Schlussfolgerung meiner Züchtungs- und Infectionsversuche mit dem atmosphärischen Staube kann ich es aussprechen, dass: in der Atmosphäre zu verschiedenen Zeiten verschiedene Bacterienformen vertreten sind. Die meisten dieser Bacterien besitzen gar kein oder nur ein schwaches Infectionsvermögen für den thierischen Organismus. Es kommen jedoch zu gewissen Zeiten auch solche Formen vor, welche bereits in sehr geringer Menge im Organismus verschiedene Formen der schwersten Infection hervorzurufen im Stande sind.

Dadurch ist die pathologische Bedeutung des atmosphärischen Staubes, sowie die hygienische Tragweite der bisher dargelegten Versuche zur Genüge festgestellt. Das aufmerksame Studium dieser Organismen wird also eine der wichtigsten und interessantesten Aufgaben für die hygienischen Beobachtungen und Versuche bilden. Die Aufgabe dieser fortgesetzten Beobachtungen und Versuche wird nun sein, klarzustellen, ob die verschiedenen Arten der aus der Atmosphäre züchtbaren Bacterien, wenn sie Thieren eingeimpft werden, immer dieselben Symptome hervorrufen, oder ob nicht identischen Formen eine verschiedene Infectionsfähigkeit zukommt? Nur in dieser Richtung fortgesetzte Versuche werden entscheiden können, ob die Bacterien zu epidemischen und zu seuchenfreien Zeiten dasselbe Infectionsvermögen besitzen? Sie werden endlich nachweisen, ob die Infectionskrankheiten nicht mit atmosphärischen Organismen von bestimmter Gestalt und gewissen Eigenschaften einhergehen? u. s. w.

Die Gelegenheit ist sehr verlockend, in dieser Richtung Vergleiche anzustellen, indem man auf den beiliegenden Tafeln die Figuren der Bacterien und der Infectionskrankheiten betrachtet. Ich bin jedoch gezwungen, einem solchen Versuche zu entsagen;

Digitized by Google

die Dauer der Beobachtungen war eine so geringe und zeigten sich auch die Infectionskrankheiten im Ganzen in so geringer Anzahl, dass es allzu verfrüht wäre, auf dieser Basis Folgerungen zu suchen oder aufzustellen. Höchstens dass ich mich berechtigt fühle, auf die Erfahrung zu verweisen, dass das seltene Vorkommen mehrerer Infectionskrankheiten (so der Enteritis, des Wechselfiebers) in 1879 im Vergleiche zu 1877 und 1878 mit der Beobachtung zusammentrifft, dass in demselben Jahre (1879) besonders aber im Sommer, auch die Bacterien in der Atmosphäre viel seltener vorkamen, als in 1878.

Digitized by Google

Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse dieses Werkes.

Bezüglich der atmosphärischen Kohlensäure.

1. Keine der in Betracht kommenden Methoden zur Bestimmung der Kohlensäure ist vollkommen genau.

2. Die Aspiration durch eine Röhre mit Barytwasser ergiebt etwas weniger Kohlensäure, als der Wirklichkeit entspricht.

3. Je grösser die aspirirte Luftmenge ist, desto weniger Kohlensäure wird verhältnissmässig erhalten.

4. Wird die Kohlensäure in Flaschen bestimmt, so darf die Flasche zu keinen weiteren Analysen benutzt werden, sobald sich die Wand zu trüben beginnt.

5. Zur Bindung des Wasserdampfes bei Bestimmungen der atmosphärischen Kohlensäure darf Chlorcalcium überhaupt nicht, Schwefel- und Phosphorsäure aber nur mit der grössten Vorsicht verwendet werden.

6. Die atmosphärische Kohlensäure betrug zu Budapest während der Beobachtungen in 1877, 1878 und 1879: 0,3886 ccm in 1000 ccm Luft.

7. Die Menge der Kohlensäure ist von einem Jahr zum anderen sehr constant.

8. Die Kohlensäuremenge ist eine geringere in nördlichen, nahe am Meere gelegenen Gegenden; in südlicheren, in der Mitte des Continentes gelegenen Gegenden ist sie eine grössere.

9. Die Kohlensäure steht am tiefsten im Winter, im Frühjahre nimmt sie zu, im Sommer wieder ab und erreicht im Herbst den höchsten Stand.

Digitized by Google

10. Als Grenzen der täglichen Schwankungen der Kohlensäure können 0,200 bis 0,600 Vol. pro Mille angenommen werden. Diese Grenzen überschreitende Schwankungen sind entweder höchst selten oder beruhen auf irrthümlicher Beobachtung.

11. Die täglichen Schwankungen sind im Herbst, zu Ende des Frühjahres und am Anfang des Sommers am beträchtlichsten.

12. Im Herbste wird bei Nacht in der Luft mehr Kohlensäure gefunden als am Tage; im Frühjahre ist hingegen die nächtliche Kohlensäure weniger.

13. Während des Tages ist die Kohlensäure sehr beständig; am Abend jedoch nimmt sie beträchtlich zu.

14. Der Regen vermindert die atmosphärische Kohlensäure. Im Winter ist diese Abnahme andauernd, im Sommer jedoch weicht sie sehr bald einer stärkeren Zunahme.

15. An Tagen mit Schneefall ist die Kohlensäure etwas vermehrt. Auch an nebeligen Tagen kann eine — wenn auch sehr geringe — Zunahme beobachtet werden.

16. Bei Frost nimmt die Kohlensäure zu, bei Thauwetter nimmt sie ab.

17. Mit der Erhöhung des Luftdrucks wird die Kohlensäure in der kalten Jahreszeit gleichfalls erhöht, in der warmen vermindert; bei sinkendem Luftdruck sinkt die Kohlensäure in der kalten und steigt in der warmen Jahreszeit.

18. An windigen Tagen ist die Kohlensäure durchschnittlich vermindert.

19. Die von nördlichen Gegenden kommende Passat-Windrichtung ist kohlensäureärmer als der aus südlichen Gegenden kommende Antipassat.

20. Nahe am Bodenniveau enthält die Luft mehr Kohlensäure, als um einige Meter höher.

21. Die Kohlensäure schwankt am Bodenniveau ebenso fortwährend wie in der Höhe; nur dass die am Bodenniveau auftretende Zu- oder Abnahme jener Vermehrung oder Verminderung in der Höhe vorausgeht. Der Kohlensäuregehalt der am Bodenniveau ruhenden Luftschichte regulirt also den Kohlensäuregehalt der höheren Luftschichten.

22. Der mit Regen- oder Schneewasser durchtränkte Boden absorbirt einen Theil der atmosphärischen Kohlensäure; daher stammt auch die Kohlensäureabnahme an Regentagen und bei Thauwetter. (S. 14. und 16. Punkt.)

Digitized by Google

23. Die Atmosphäre erhält den Zuwachs an Kohlensäure aus dem Boden. In erster Reihe erfolgt dies dadurch, dass die kohlensäurereiche Grundluft in die freie Atmosphäre emporströmt.

24. Die Schwankungen der Kohlensäure in der Atmosphäre werden dadurch hervorgerufen, dass die Grundluft in ungleichen Strömen, in ungleicher Menge, in die freie Luft gelangt.

25. Die Schwankungen der atmosphärischen Kohlensäure — besonders die am Bodenniveau beobachteten — zeigen die Verunreinigung der Atmosphäre durch Grundluft an.

26. Am wenigsten wird die Atmosphäre durch Grundluft im Frühjahre und im Winter verunreinigt; am meisten wird sie es im Herbst und im Sommer. (S. 11. Punkt.)

27. Die abendliche und nächtliche Erhöhung der Kohlensäure (im Sommer, Herbst, s. 12. Punkt) wird durch das Ausströmen der Grundluft verursacht.

28. Die im Sommer nach einem Regen zu beobachtende Kohlensäurevermehrung (s. 14. Punkt) ist durch die im Boden zunehmende Kohlensäureproduction bedingt.

29. Die Ursache dessen, dass der aus südlichen Gegenden anlangende Wind kohlensäurereicher ist als der von Norden kommende (s. 19. Punkt), liegt darin, dass jener aus Gegenden herstammt, wo wegen der grösseren Wärme, Feuchtigkeit und dem reicheren Pflanzenleben die Verwesung, die Kohlensäureproduction im Boden eine grossartigere ist als in den nördlichen Klimaten.

30. Der Einfluss der Grundluft auf die allgemeinen Gesundheitsverhältnisse kann so beobachtet werden, wenn man das Schwanken der Kohlensäure in der Bodenniveauluft oder in der Atmosphäre überhaupt längere Zeit hindurch mit dem Verhalten der epidemischen Krankheiten vergleicht.

31. Eine Beobachtung von drei Jahren beweist es, dass der Typhus und das Wechselfieber mit den Schwankungen der Kohlensäure in der Bodenniveauluft häufig genug übereinstimmend verlaufen.

32. Die Grundluft dringt in die Wohnungen ein, am reichlichsten im Sommer und Herbst.

33. Dieses Einströmen wird durch dieselben Naturkräfte geleitet, welche das Emporströmen der Grundluft auf die Bodenoberfläche reguliren. — Wenn sich die Grundluft auf das Bodenniveau erhebt und hier die Kohlensäure der Atmosphäre steigert, so dringt sie gewöhnlich gleichzeitig auch in die Wohnungen ein.

Digitized by Google

Bezüglich des atmosphärischen Ammoniaks.

34. Vom September 1878 bis Ende December 1879 betrug das atmosphärische Ammoniak im Mittel (aus 80 Bestimmungen): 0,03888 mg im Kubikmeter Luft.

35. Das Ammoniak erreicht den niedrigsten Stand im Winter, den Frühling hindurch wächst es an, steht im Sommer am höchsten und fällt im Herbst wieder ab.

36. Die Abnahme des Ammoniaks fällt einerseits mit dem Regen, andererseits mit dem Sinken der Lufttemperatur zusammen, — wogegen die Zunahme während der Trockenheit nach Regenfällen und bei steigender Temperatur am bedeutendsten ist.

37. Aller Wahrscheinlichkeit nach erhält die Atmosphäre ihr Ammoniak von der Bodenoberfläche, aus der hier verlaufenden Fäulniss. Das atmosphärische Ammoniak ist also der Index für die Menge und die Fäulniss der den Boden oberflächlich verunreinigenden organischen Substanzen.

Bezüglich des Ozons.

38. Die Ozonbeobachtungen sind im Allgemeinen unverlässlich, weil — vom übrigen abgesehen — die Ozonmenge am entschiedensten dadurch beeinflusst wird, auf welcher Seite einer Stadt die Beobachtungsstation gelegen ist. — Zu Zeiten, wo die Luftströmung von der Stadt her kommt, nimmt das Ozon bedeutend ab.

39. Zum Zwecke der Ozonbeobachtungen müssen an der Peripherie der Städte mehrere Stationen so eingerichtet sein, dass sie bei jeder Windrichtung jene Luftmassen untersuchen können, welche über die Stadt oder über ausgebreitete Industrieanlagen noch nicht hinweggestrichen sind. Ausserdem sollen zur Bestimmung der Ozonabnahme auch im Inneren der Stadt Parallelbeobachtungen ausgeführt werden.

Bezüglich des atmosphärischen Staubes.

40. Die Menge des atmosphärischen Staubes betrug vom September 1878 bis Ende October 1879 durchschnittlich 0,4 mg im Kubikmeter Luft, — in der Höhe von 5 m über dem Strassenniveau.

41. Am geringsten ist die Staubmenge im Winter, dann im Frühjahre; am grössten im Sommer, dann im Herbst.

42. Unter 646 Beobachtungstagen wurden an 522 in dem Züchteapparate Bacterien angetroffen.

Digitized by Google

43. In der Nährflüssigkeit (Ichthyocollalösung) entwickelten sich die verschiedensten Bacterienformen, und zwar sehr häufig nur eine Form, sonst aber gleichzeitig mehrere Formen.

44. Die verschiedenen Hauptformen der Bacterien sind wahrscheinlich eigene, selbstständige Organismen mit selbstständigem Ursprung, Entwickelung und Functionen.

45. Kugelbacterien entwickelten sich an 227 Tagen, darunter eine seltene Form, welche ich „Micrococcus atoma" benenne.

46. Am häufigsten entwickelten sich in der Nährflüssigkeit Microbacterien, — beiläufig an 440 Tagen.

47. Unter den verschiedenen Formen der Microbacterien hebe ich eine hervor, und nenne sie „Microbacterium agile", welche wegen ihrer Form, Bewegung und Infectionsfähigkeit besondere Aufmerksamkeit verdient.

48. Desmobacterien waren an 94 Tagen zu beobachten.

49. Spirobacterien waren noch seltener.

50. Schimmelpilze kamen in der Nährflüssigkeit 171 Mal vor, die Sarcina 48 Mal. Viel seltener waren andere niedere Pflanzen und thierische Organismen (Monaden etc.).

51. Die Sarcina zerfällt bei vollkommener Entwickelung in freie Micrococcen; die Micrococcenkörnchen wachsen zu ölglänzenden, grösseren Zellen an, — durch fortwährende kreuzweise Abschnürung zertheilt sich die Zelle in immer mehr, regelmässig angeordnete Parthien, in welchen die einzelne vollkommen entwickelte Zelle neuerdings zu Micrococcen zerfällt.

52. Im Winter sind die Bacterien am seltensten und bleibt die Nährflüssigkeit am häufigsten klar. — Im Frühling sind die Bacterien am häufigsten und die Schimmelpilze am seltensten; der Sommer nimmt eine mittlere Stellung ein, während im Herbste die Schimmelpilze vorwiegen.

53. Schnee und Regenfälle setzen die Zahl der atmosphärischen Organismen, hauptsächlich der Bacterien herab.

54. Organismen von gewisser Form scheinen an gewisse Zeiten gebunden zu sein; dann entwickeln sie sich in der Nährflüssigkeit sehr häufig, beinahe täglich, während sie zu anderen Zeiten monatelang ferne bleiben.

55. Bezüglich der vorherrschenden Gattung der atmosphärischen Organismen weisen die einzelnen Jahre (1878 und 1879) Unterschiede auf; während nämlich im Jahre 1878 die Schimmelpilze verhältnissmässig selten, die Bacterien aber sehr häufig waren:

Digitized by Google

zeigten sich entgegengesetzt im Jahre 1879 die Schimmelpilze mit auffallender Häufigkeit, und waren die Bacterien seltener.

56. Bei der Einführung unter die Haut und in Venen von Kaninchen erwiesen sich Sphärobacterien, Spirobacterien, Bacterium termo und lineola und Sarcina als vollkommen unschädlich.

57. Dem „Microbacterium agile“ ist eine bedeutende Infectionsfähigkeit eigen; dieser Fähigkeit wird es in dem Maasse verlustig, als in der Nährflüssigkeit gleichzeitig neben ihm andere gewöhnliche Bacterien überhandnehmen. Die auftretenden Symptome sind einer milderen septischen Infection ähnlich.

58. Aus atmosphärischem Staub gezüchtete Desmobacterien und ihre Sporen („Dauersporen“ Cohn, Koch, — corp. brill. Pasteur) erzeugten bei den angestellten Einimpfungen sehr heftige Infection, welche nach einigen Tagen, in einem Falle sogar schon vor 24 Stunden, mit dem Tode endigte. Das Hauptsymptom war ein rapider Temperaturabfall. 0,5 ccm vom frischen Blute des gefallenen Thieres tödtete binnen 3 Tagen unter ähnlichen Symptomen. In den parenchymatösen Organen der gefallenen Thiere (in der Leber) waren an der Wand der Blutgefässe Micrococcen zu finden, welche stellenweise auch die Capillaren ausfüllten.

59. Dieselben Bacterien sind viel weniger infectiös, wenn sie sich in der Gesellschaft von anderen Bacterien entwickeln.

60. In der Atmosphäre sind also zu verschiedenen Zeiten verschiedene Bacterienformen enthalten; die meisten von ihnen entwickeln sich in der Ichthyocollalösung und ist ihre Infectionsfähigkeit, wenn sie dem thierischen Organismus eingeimpft werden, eine sehr geringe oder fehlt überhaupt ganz. Es kommen jedoch unter ihnen zu gewissen Zeiten gewisse Formen vor, welche unter denselben Verhältnissen, als die Früheren, die schwersten Grade und verschiedene Formen der Infection hervorrufen können.

Digitized by Google

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Die atmosphärische Kohlensäure zu Budapest in den Jahren 1877, 1878 und 1879. Jeder Millimeter an Höhe entspricht 0,01 Vol. pro Mille Kohlensäure.

Fig. 2. Die atmosphärische Kohlensäure nahe an der Bodenoberfläche. Die Dimensionen sind dieselben, wie bei Fig. 1.

Fig. 3. Die Kohlensäure der Grundluft in der Tiefe von einem Meter im Inneren des Bodens. Jeder Millimeter an Höhe entspricht 0,5 Vol. pro Mille Kohlensäure; 10 mm sind also = 5,0 pro Mille CO_2.

Fig. 4. Die atmosphärische Kohlensäure nahe an der Bodenoberfläche auf einer anderen Beobachtungsstation, im August bis October 1877. Die Dimensionen sind dieselben wie bei Fig. 1 und 2.

Fig. 5. Die atmosphärische Kohlensäure in einem unbewohnten unterirdischen (Keller-) Zimmer vom December 1877 bis October 1878. Dimensionen wie bei Fig. 1, 2, und 4.

Fig. 6. Das atmosphärische Ammoniak zu Budapest vom September 1878 bis Ende 1879. Jeder Millimeter an Höhe entspricht 0,002 mg Ammoniak im Kubikmeter Luft.

Fig. 7. Menge des atmosphärischen Staubes zu Budapest vom September 1878 bis October 1879. Ein Millimeter Höhe entspricht 0,02 mg über Chlorcalcium ausgetrockneten Staubes im Kubikmeter Luft.

Tafel II.

Fig. 1 bis 6. Meteorologische Verhältnisse zu Budapest in den Jahren 1877, 1878 und 1879, auf Grund der Mittheilungen der königl. ungar. meteorologischen Centralanstalt.

Digitized by Google

Fig. 1. Regenmenge; ein Millimeter Höhe entspricht einem Millimeter 24 stündlicher Regenmenge.

Fig. 2. Feuchtigkeit der Atmosphäre; je ein Millimeter Höhe zeigt je 2 Proc. Feuchtigkeit an.

Fig. 3. Lufttemperatur; jeder Millimeter Höhe bedeutet 1° C. des Tagesmittels aus 3 Beobachtungen.

Fig. 4. Luftdruck; ein Millimeter Höhe stellt 1 mm Luftdruckschwankung vor. Die Abscisse entspricht 720 mm.

Fig. 5. Windstärke und Windrichtung; die Höhe der Säulen an Millimetern drückt die Summe der an jedem Tage Früh, Nachmittags und Abends beobachteten Windstärken aus. Die Windrichtung habe ich mit den üblichen (englischen) Bezeichnungen des meteorologischen Institutes ausgedrückt.

Fig. 6. Atmosphärisches Ozon. Die Höhe der Säulen in Millimetern giebt das Mittel des Tages- und Nachtozons in Ozongraden.

Fig. 7. Die aus dem atmosphärischen Staube von Tag zu Tag gezüchteten Organismen; und zwar: *a*) weist jene Tage auf, an welchen sich in der Nährflüssigkeit keine Bacterien entwickelt haben, *b*) bezeichnet die Tage, an welchen Sphärobacterien, *c*) an welchen Microbacterien, *d*) jene, an welchen Desmobacterien, *e*) wo Spirobacterien, *f*) wo Schimmelpilze, *g*) wo Sarcinen in der Nährflüssigkeit zu finden waren. An den Tagen mit ganz leeren Rubriken musste die mikroskopische Untersuchung der Nährflüssigkeit aus irgend einem Grunde unterbleiben.

Tafel III.

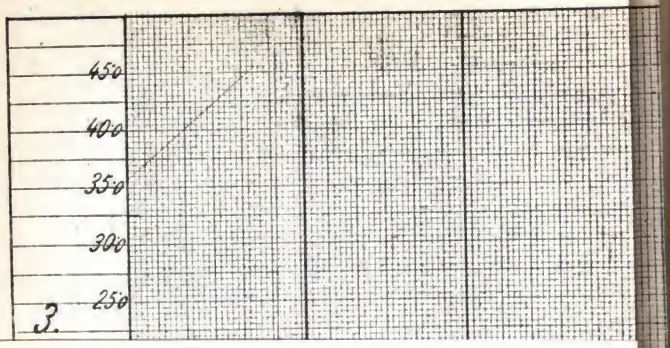
Tägliche Morbidität (auf Grund der Daten mehrerer hauptstädtischer Spitäler [1]), und Mortalität in den Bezirken von Budapest links der Donau (vormals Pest) in den Jahren 1877, 1878 und 1879. An den einzelnen Figuren bedeutet jeder Millimeter je einen an jenem Tage verzeichneten Erkrankungs-, resp. Todesfall an der betreffenden Krankheit.

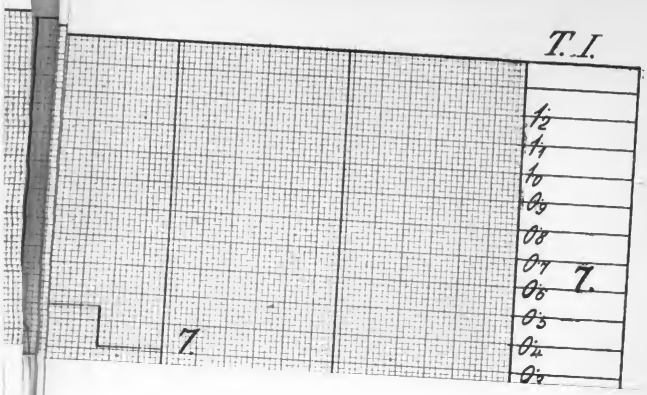
---

[1]) Vom Juli bis December 1878 wurden die in den Militärspitälern gepflegten Kranken nicht mit einbezogen, weil der Stand der vom Kriegsschauplatze nach Hause beförderten Kranken von den im Orte Erkrankten trotz aller Bemühungen nicht abzusondern war.

Digitized by Google

Digitized by Google

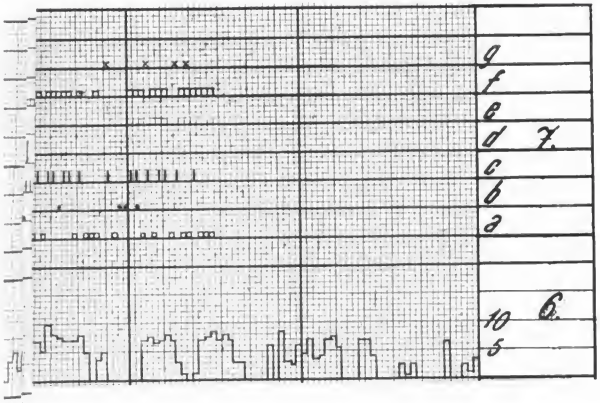

450
400
350
300
250
3.


T. I.
7
7.

Digitized by Google

g
f
e
d
c
b
a
B. 10
5

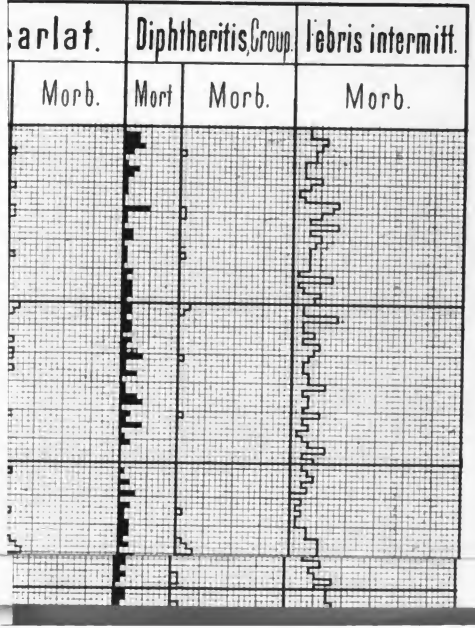
T. II.



Digitized by Google

Digitized by Google

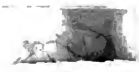
Digitized by Google


arlat.
Diphtheritis, Croup.
Febris intermitt.
Morb.
Mort
Morb.
Morb.

T. III.

Morb.	Mort.	Morb.	Morb.
Var.	Diphtheritis, Croup		Febris intermitt.

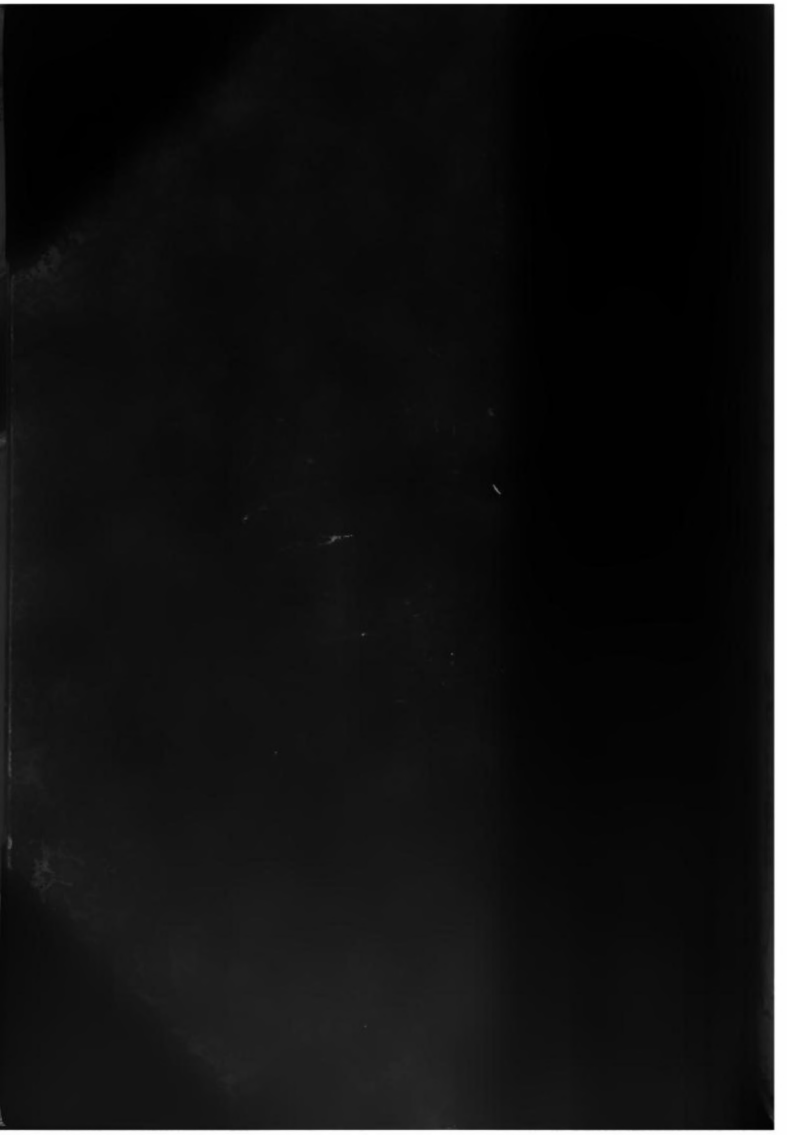
Digitized by Google


oogle

Digitized by Google

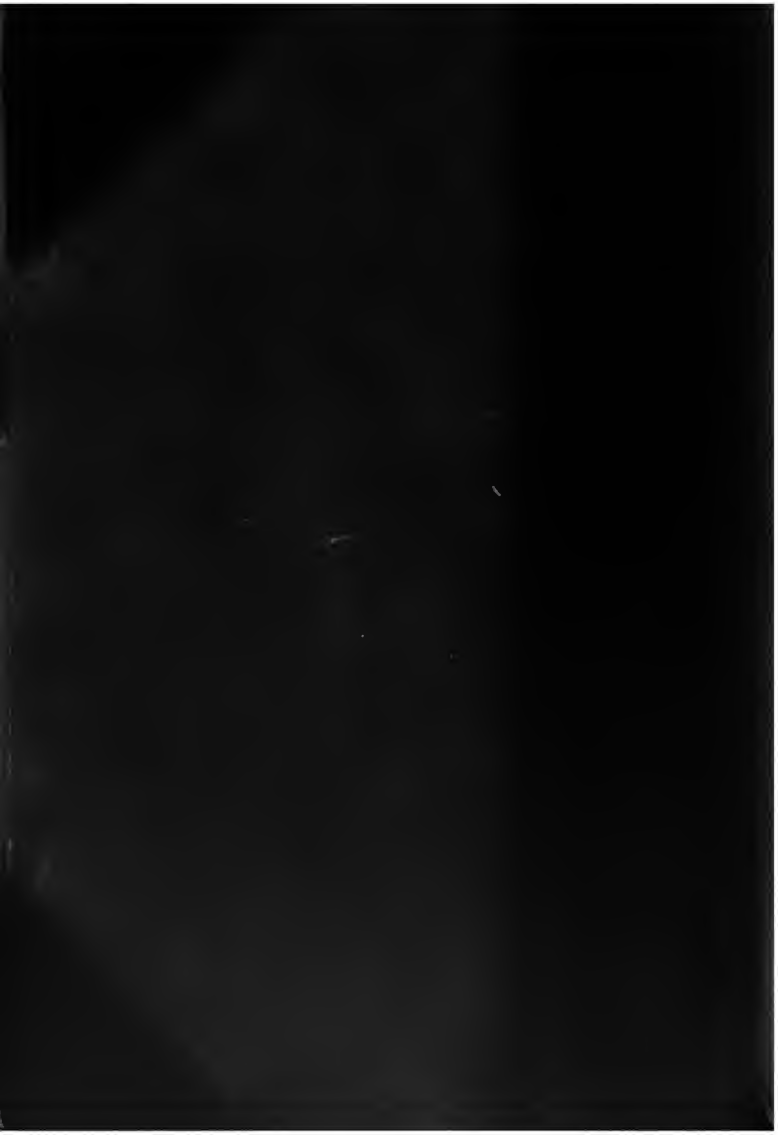
UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07678 6048

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google